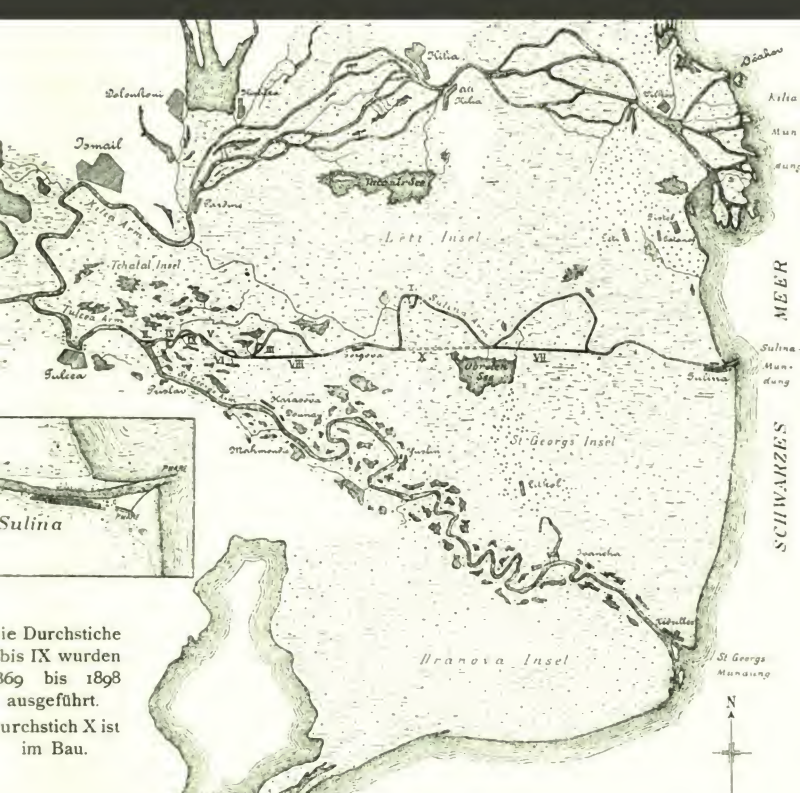


Wasserstrassen und Binnenschiffahrt

Carl Victor Suppán

Digitized by Google

Eng 989.02.3

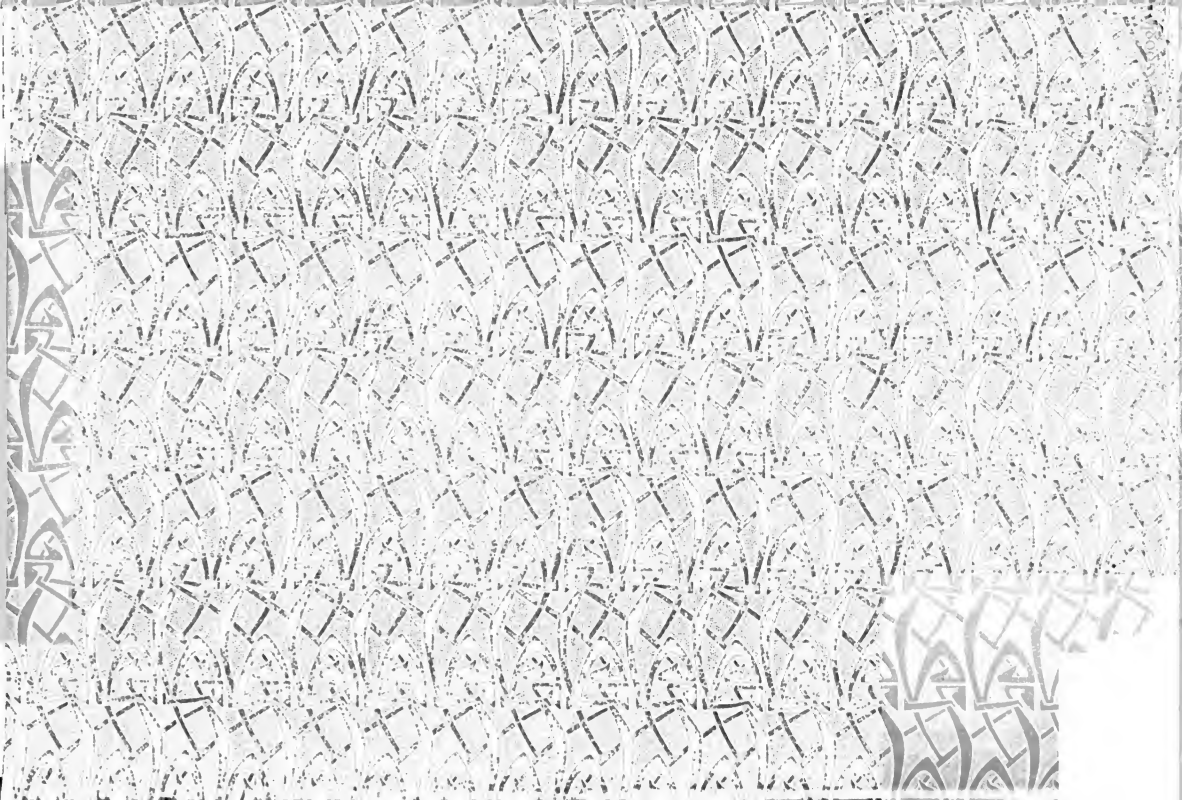
Harvard College Library

GIFT OF
WILLIAM CAMERON FORBES
(Class of 1892)
OF THE
PHILIPPINE COMMISSION

FROM A COLLECTION FORMED TO ILLUSTRATE
THE HISTORY AND CONSTRUCTION
OF CANALS

Received June 26, 1906

Digitized by Google



Wasserstrassen

und

Binnenschiffahrt.

Von

Cpt. C. V. Suppán,

Vorstand der Schiffahrtsabtheilung
der Ersten k. k. priv. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft.

Mit 309 in den Text gedruckten Abbildungen.

1902

Verlag von A. Troschel, Berlin-Grunewald.

Digitized by Google

Eng 989.02.3

Harvard College Library
Gift of
Wm. Cameron Forbes
June 26, 1936.

Alle Rechte vorbehalten.

Druck von A. W. Hayn's Erben, Berlin und Potsdam.

Digitized by Google

Vorwort.

Eine fünfundzwanzigjährige Thätigkeit im Schiffahrtsbetriebe auf der Donau veranlasst mich, die in demselben gemachten Erfahrungen, welche ja auch für andere Stromgebiete vorbildliche Bedeutung haben können, zu veröffentlichen.

Zahlreiche Versuche über den Schleppzug und den Zugswiderstand, ferner die Kenntnisse, welche ich gelegentlich der Internationalen Schiffahrts-Kongresse, an denen ich seit dem Jahre 1886 theilnehme, und durch Bereisungen des Rheines, der Elbe, der Oder, der Seine, der Rhône sowie anderer Flüsse und Kanäle, erwarb, endlich verschiedene Studien über Schiff-, Maschinenbau und über das Verkehrswesen im Allgemeinen haben diese Erfahrungen gereift und bieten mir nun die Möglichkeit, dem Schiffer zur Erweiterung seiner Kenntnisse, die er sich bisher nur auf empirischem Wege erwerben konnte, einen Leitfaden an die Hand zu geben.

Da ein solcher in dieser Gestalt meines Wissens noch nicht besteht, schmeichle ich mir mit der Hoffnung, damit einem thatsächlichen Bedürfnisse entgegenzukommen.

Zugleich habe ich aber Erwägungen über Stromverbesserungen und Kanalbauten, sowie Ausführungen über den wirthschaftlichen Werth der Wasserstrassen und endlich eine Reihe statistischer Angaben miteinbezogen, um damit auch für weitere Kreise ein „Handbuch über Wasserstrassen und Binnenschiffahrt" zu schaffen, welches im Laufe der Zeit durch entsprechende Beiträge vervollständigt werden soll.

Wien, am 18. Februar 1902.

C. V. Suppán.

Digitized by Google

Inhaltsübersicht.

I. Theil. Natürliche Wasserstrassen.

1. Abschnitt. Entstehung und allgemeine Eigenschaften der Flüsse und Ströme.

Seite

Niederschläge. Kreislauf des Wassers 3
Verdunstung. Thau, Regen, Hagel, Schnee 4
Winde und Wetter. Land- und Seewinde, Witterungserscheinungen 4
Wettervoraussagung 5
Wetterkunde, Wetterkarten. Vorherbestimmung der Winde und Stürme 5
Windstärke. Windtafel, Wirbelstürme, Wind- und Wasserhose, Orkan, Cyklon, Taifun und Tornados 7
Regenhöhe 8
Voraussichtliche Niederschläge. Niederschläge des Donau-, Rhein-, Elbe- und Odergebietes 8
Versickerung 9
Grundwässer und Quellen. Unterirdische Sammelbecken 9
Oberflächenabfluss, Bäche. Thalweg, Regenbäche, Wildbäche und Gletscherbäche . . 10
Flüsse und Ströme. Ursprung, Ober-, Mittel- und Unterlauf, Karstflüsse, Wasserscheiden 11
Allgemeine Flusseigenschaften 11
Wasserstand 11
Niederwasser 11
Normalwasser 12
Hochwasser. Grösstmögliches Hochwasser, Zunahme der Hochwässer, Ausforstungen, Wasserwirthschaft, Höhe und Dauer der Hochwässer, Hochgebirgs- und Mittelgebirgsflüsse, Winter- und Sommerniederwässer, Frühjahrs- und Herbsthochwässer . 12
Ebbe und Fluth. Meeresfluthwelle, Springfluth und Sturmfluth, Nippfluth, Fluthgrösse, Fluthmesser und Fluthkurve, Fortgangsgeschwindigkeit der Fluthwellen im Mündungsgebiete 14
Wasserstands-Beobachtungen. Pegel 15
Pegelaufschreibungen und Pegelkurven. Tägliche Wasserstände, mittlere monatliche und jährliche Wasserstände 16
Voraussage der Hochwässer. Schwimmer- und selbstzeichnende Pegel, Staatlicher Wasserbeobachtungsdienst 18
Elbewasserdienst 19
Donauwasserdienst. Wichtigste Donaupegel, Wasserstands-Nachrichtendienst in Oesterreich-Ungarn, Verlauf, Zeitdauer und Geschwindigkeit von Donaufluthwellen . . . 20
Wasserdienst in Frankreich 25
Abschwächung der Hochwässer. Deichanlagen und Sammelbecken 25
Wassermenge und deren Messung 26
Wassermengen der Donau, des Rheines, der Elbe und Oder 26
Gefälle. Absolutes und relatives Gefälle, Oberflächen- und Sohlengefälle 27
Gefälle der Donau, des Rheines, der Elbe und Oder 28
Stromgeschwindigkeit 30
Stromstrich. Fahrrinne 30
Strömung der Donau, des Rheines, der Elbe und Oder 31
Stromgeschwindigkeitsmessungen. Oberflächen- und Tiefengeschwindigkeit 31

Digitized by Google

Seite

Dampfer- und Stromgeschwindigkeiten 32
Formeln für Berechnung von Stromgeschwindigkeiten 32
Gestaltung des Flussbettes, Geschiebeführung. Flussbett, Sohle, Ufer 32
Mittelwasserbett 33
Hochwasserbett, Niederwasserbett 33
Stosskraft des Wassers. Bewegung der Flusssohle 33
Wildbäche. Schuttwalzen, Vermurung, Murgang, Wildschäden 34
Stromdurchbruch. Klamm, Wasserstürze, Durchbruch 35
Geschiebeablagerungen. Gerölle, Kies, Sand, Schlamm. Fortbewegung des Geschiebes, Erhöhungen und Vertiefungen des Strombettes 36
Uferabbruch. Gekrümmte und gerade Stromstrecken 37
Flussseichten und Flusstiefen. Untiefen und Fuhrte, Flusstiefen und Kolke 37
Wirbel, Kehrwässer. Schwall, Kehr, Gegenströmung, Wechsel, Wirbelbildung, Wellen und Strudel. Fahrt in Kehrwässern und im Schwall 38
Flusskrümmungen. Eingebogene und ausgebogene Flusskrümmung, Durchbruch von Flusskrümmungen 41
Inseln und Stromspaltungen 42
Geschiebe der Zuflüsse 42
Strombettveränderungen durch Eis 42
Eisstopfungen, Eisstoss 42
Eissperre. Dauer des Eisstandes 43
Eisbildung. Eisbildung im stromlosen und im strömenden Wasser 43
Dauer der Eisbildung 43
Dauer und Arten der Donaueisbildung. Eisschollen, Treibeis, Grundeis und Kerneis. Eisgang, Eisstoss 44
Enteisungen, Eisbrechdampfer. Rammende und auflaufende Eisbrechdampfer 45
Nutzen der Enteisungen. Enteisungen auf Flüssen und Kanälen, Eispflug 47
Flussmündungen. Fluthgrenze, Fluthstrom, Rückstau 47
Deltabildungen 48
Donaumündungen 48

2. Abschnitt. Flüsse und Ströme als Schiffahrtsstrassen.

Beharrungszustand der Flüsse. Natürliche Schiffahrtsstrasse 50
Stromverfassung 50
Stromverbesserung vom Standpunkte der Schiffahrt 50
Grundrissform. Lageplan, Längenprofil, Nivellement, Querprofile 50
Schiffahrtsweg im nichtregulirten Strome 51
Streckenweise Stromverbesserung 52
Unnatürliche Stromverbesserung 52
Im Sonderinteresse durchgeführte Regulirungen 53
Einheitliche Stromregulirung. Natürliche Gestaltung des Flussgerinnes 53
Fahrt durch regelmässige Flusskrümmungen. Abtragende und antragende Sandbänke und Ufer 53
Fahrt zwischen Sandbänken 56
Fahrt in stark gestreckten Krümmungen und Durchstichen 56
Allgemeine Fahrregeln 57
Sanftgekrümmter Stromstrich. Gute Fuhrte 57
Steiler Stromstrich 58
Schlechte Fuhrtbildungen 58
Steile und lange Fuhrt 59
Donausandbänke 59
Ausbildung des Thalweges. Veränderungen des Thalweges 60
Niederwasserthalweg. Fahrweg und Fuhrte bei Niederwasser 61
Gestalt der Sandbänke 62
Rechenbaggerung. Auflockerung des Flussgrundes 62

Digitized by Google

Seite

Feste und wandernde Sandbänke. Gestaltung der Geschiebe 63
Regelmässige Geschiebeplätze. Bleibende und wechselnde Fahrstrasse 64
Starke Stromstreckungen, Durchstiche 65
Donaudurchstich bei Wien 65
Erhaltung der Flusskrümmungen 66
Beobachtung der Stromverfassung. Muldenförmiges Flussbett (parabolische Form) . . 66
Schiffererfahrung. Fahrt in regelmässigen und steilen Krümmungen, in geraden Strecken und in Ueberbreiten 66
Schiffahrtshindernisse der Donau. Längen, Breiten, Tiefen, Gefälle und Stromgeschwindigkeiten 67

3. Abschnitt. Schiffbarmachung von Flüssen und Stromregulirungen.

Linienführung 76
Flussquerschnitte 76
Stromverbesserung, Regulirung 76
Mittelwasserregulirung. Normalprofile 77
Einschränkung einzelner Stromstrecken 77
Fortlaufende Einschränkung, Parallelwerke 78
Niederwasserregulirung 78
Erhaltung der Fuhrtschwellen 78
Schlechte und gute Fuhrtschwellen 78
Rhôneregulirung 79
Allgemeine Regeln für den naturgemässen Flussbau. Festlegung der natürlichen Gestalt und Form des Flusses 81
Vortheile des naturgemässen Flussbaues 83
Billigkeit des naturgemässen Flussbaues 83
Regulirungswerke 83
Leitwerke. Deckwerke, Böschungsbauten, Parallelwerke, Traversen 83
Buhnen. Sporne, Grundschwellen, Tauchbuhnen, versenkte Buhnen, Flügelbuhnen . . . 84
Absperrungen 84
Durchstiche 85
Theisshochwässer. Durchstiche und Geradestreckung der Theiss 85
Hochwässer bei Wien 86
Innhochwässer 86
Leck und Po. Aufschwemmung der Flusssohle 86
Stromschnellen. Felsbänke und deren Sprengung 87
Donaustromschnellen 88
Hofkirchner Kachlet 88
Aschacher Kachlet 88
Donaustruden 89
Katarakte und Eisernes Thor. Schiffahrtsverhältnisse vor und nach der Regulirung . . 89
Rheinstromschnellen 96
Schiffbarmachung mittels Wasseraufspeicherung, Thalsperren 96
Geplante Oderstaubecken 96
Stromregulirung im Fluthgebiete. Clyde-, Tyne-, Seine- und Weserregulirung . . . 97
Stromreinigung 98
Vermalung des Donaufahrweges. Bestimmung der Flusstiefen, Wasserschaudienst, Hasen, Wabert und Schwemmer 98
Bojen. Wahrschau 99
Vermalung des Rheinfahrweges. Landmarken, Baken und Tonnen 100
Vermalung der Elbe- und Oderfahrwege. Landbaken, Mummen und Blossen, Warnungstafeln 100
Bezeichnung fester Strombauten. Bewegliche Bake 101
Signaldienste. Signaldienst in Stromengen, Sondirzillen 101

Digitized by Google

Seite

Tiefenmessungen während der Fahrt 101
Baumstöcke 101
Uferreinigung 103
Baggerrechen 103
Alte Bauwerke, Wracks 104

II. Theil. Künstliche Wasserstrassen.

4. Abschnitt. Stauanlagen und Kanalisirung von Flüssen.

Stauanlagen. Stauhöhe, Stauweite, Staukrümmung, Oberwasser und Unterwasser 107
Feste Wehre. Grundwehr, Ueberfallwehr, Wehrkörper, Vorboden und Abfallboden, Sturzbett 107
Bewegliche Wehre. Schleusenwehre und Nadelwehre 108
Flossdurchlass, Flössereianlagen. Wasserstuben und Klausen, Trift-, Leit- und Fangrechen, Holzhof 109
Schiffbare Stauschleuse, Schiffsdurchlass. Schiffahrt mittels Schwellungen 110
Traunschiffahrt 112
Stecknitzfahrt 113
Kammerschleuse. Deichschleuse, Einflüglige- und Doppelthore, Thornische und Thorkammer, Drempel, Oberhaupt und Unterhaupt 113
Schiffschleusung 115
Kanalisirung von Flüssen. Flusshaltungen, Staustufen 115
Feste und bewegliche Kanalisirungsanlagen. Schiffsdurchlass, Fluthgerinne, Wehranlage im Templefluss 116
Nadelwehre. Rahmen, Nadelwehrbock, Wehrboden, Holm, Aufstellen und Niederlegen der Nadelwehre, Moldauwehr bei Kleĉan 117
Klappenwehre. Einfaches und Doppelklappenwehr, Wehranlage am Isleſluss 120
Schwimmerklappen. Selbstwirkende Wehre, Marly-Wehr 121
Trommelklappen. Wehr an der Marne und bei Charlottenburg, Hydraulisches Wehr und Wehr mit Gegengewichts-Klappen 121
Schütz- und Rollwehre. Schützverschluss von Caméré, Schütztafeln von Boulé, Wehr vor Suresnes, am St. Marysfall-Kanal und bei Pretzien 122
Cylinderwehr 123
Kanalisirungen in Frankreich. Kanalisirung der unteren und oberen Seine, Wehranlage bei Poses, Schiffsdurchlass bei Port à l'Anglais und bei Mulatière 124
Kanalisirungen in Deutschland. Oderwehranlage, Oderschiffsdurchlass bei Konty, Mainkanalisirung, Mühlendammwehr, Kanalisirung der Lahn, Fulda, Ems u. s. w. 127
Kanalisirung der Moldau-Elbe. Stauanlage und Schleppzugschleuse bei Libschitz . . . 129
Kanalisirungen in Nordamerika und Schweden. Sault-Sainte-Marie, Welland-Kanal . 135
Vor- und Nachtheile einer Flusskanalisirung 135
Zur Kanalisirung geeignete Flussstrecken 136
Durch Kanalisirung zu gewinnende Wasserkräfte. Wehrpfeiler mit Turbinen, Wasserkraft zum Schiffahrtsbetrieb 136
Bauliche Anordnung der Kanalisirungen, Seitenkanäle. Anordnung der Stauwerke, Ansteigen des Grundwassers, Entschädigungsansprüche der Anrainer 137
Fischpass 139

5. Abschnitt. Schiffahrtskanäle.

Allgemeine Anordnung der Kanäle. Schiffahrtskanäle im Alterthum, Kanalhaltungen und Scheitelhaltung 140
Schleppzugschleuse 141
Zwillingsschleuse, Parallelschleuse, Kuppelschleuse 142
Sparschleuse 142

Digitized by Google

Seite

Verbundschleusen 142
Wasserverbrauch. Betriebswasser, Verluste durch Versickerung und Verdunstung . . 143
Mittel zur Verringerung des Wasserverbrauchs. Kesselschleuse, Bassinschleuse . . 144
Kammerschleuse mit Hebersystem. Caligny-Schleuse, Hotopp-Schleuse 145
Wassererspamis durch Regelung des Betriebes 146
Ersatz des Wasserverbrauches 146
Seekanäle. Suez-Kanal, Kaiser Wilhelm-Kanal, Manchester-Kanal, Kanäle von Korinth und Kronstadt u. s. w. 146
Binnenkanäle. Stamm- und Zweigkanäle, Wasserscheiden, Scheitelkanal 152
Schleusen mit grossem Gefälle. Schleuse bei St. Denis 152
Normalabmessungen der Kanäle 153
Französische Normalabmessungen 153
Deutsche Normalabmessungen 154
Voraussichtliche österreichische Kanalabmessungen 154
Kanalquerschnitte und Sohlenbreite 156
Kanalhaltungen, Krümmungshalbmesser. Gerade und gekrümmte Kanalstrecken . . 156
Linienführung des Kanales. Brückenkanal, Tunnelkanal 157
Kanalufer und Böschungen. Beschädigungen der Kanalböschungen, Kanalprofile . . . 158
Treidelweg 159
Anlagen zur Wasserbeschaffung. Speisegräben, Einmündungsschleusen und Entlastungsgräben, Pumpwerke und Aquädukte, Reservoire 160
Dichtung der Kanäle 161
Schleusungszeit 161

6. Abschnitt. Schiffshebewerke und Trockenförderung von Schiffen.

Ueberwindung hoher Wasserscheiden. Schiffshebewerke und Schiffseisenbahnen . . 164
Senkrechte Schiffshebewerke. Hebewerk am Grand-Western-Kanal 164
Presskolbenwerke. Anderton, Les fontinettes, La Louvière 165
Schwimmerhebewerke. Wirkungsweise der Schwimmer, Hebewerk bei Henrichenburg 166
Gewichtshebewerke. Hebewerk mit Gegengewichten, Pneumatisches Hebewerk 170
Geneigte Schiffshebewerke, Längsbahnen. Geneigte Ebene am Monkland-Kanal, Dodge-Schleuse 171
Geplante Längsbahnen. Projekte von Peslin, Creusot und Barret, Donau-Oder-Kanalprojekt 172
Nachtheil der Längsbahnen 174
Längsgleitbahn von Haniel-Lueg und deren Betrieb. Einfache und doppelte Gleitbahn, Projekt für den Wismar-Elbe-Kanal. Betrieb auf einer Gleitbahn 175
Geneigte Querbahnen. Projekte von Flammant und Höch 177
Querbahn am Junction-Kanal 179
Vor- und Nachtheil der Querbahnen 179
Geplante Querbahn für den Donau-Moldau-Kanal. Wälzungsrollen 180
Schleusungszeit bei geneigten Hebewerken 180
Schiffseisenbahn, Trockenlagerung der Schiffe 182
Beanspruchung der Schiffe. Dockung und trockene Hebung von Schiffen 182
Bestehende und geplante Schiffseisenbahnen. Rollbrücken, Schiffseisenbahn am Morris- und am Elbing-Oberländischen Kanal, Projekte für Schiffseisenbahnen . . 185
Trockenförderung der Schiffe mittels Hängevorrichtung. Einfacher Trockenwagen mit Gurtenbändern 187
Rundseil 189
Wirkungsweise der Hängevorrichtung 190
Erfordernisse einer Schiffseisenbahn. Ueberfahrung der Scheitelhöhe, Trace mit senkrechten und wagerechten Krümmungsbögen. 192
Zweitheiliger Wagen für grössere Bahnsteigungen 192
Antrieb und Betriebssicherheit des Wagens mit Hängevorrichtung 194

Digitized by Google

Seite

Senkrechte Bahnkrümmungen. Presskolben- und Federlagerung des Wagens . . . 194
Anwendung der neuartigen Trockenförderung. Weiche Bettung der Schiffe . . . 195
Vortheile der Trockenförderung 196
Leistungsfähigkeit der Schiffseisenbahn 197
Schiffseisenbahn für die geplanten österreichischen Kanäle 198

7. Abschnitt. Anlage und Ausrüstung von Binnenhäfen.

Fluss- und Kanalhäfen. Winterhäfen, Handels- und Verkehrshäfen, Umschlagplätze, Flosshäfen, Kanalhäfen 200
Hafenentfernungen 200
Erfordernisse einer Hafenanlage. Schutz gegen Hochwasser und Eisgang, Grundrissform, Hafeneinfahrt und Hafentiefe 201
Hafendienst 202
Hafeneinrichtungen. Geleise, Lagerhäuser, Speicher, Ladevorrichtungen 203
Hafenanlagen der Donau, des Rheines, der Elbe und der Oder. Rheinhafen bei Ruhrort 205
Hafenausrüstung. Lagerhaus in Passau, pneumatischer schwimmender Elevator, Kohlenkipper bei Pas de Calais, Entladeanlagen in Breslau, Kohlenhafen bei Kosel . . . 208
Amerikanische Verladevorrichtungen 209

III. Theil. Binnenschiffahrt.

8. Abschnitt. Flösserei und Ruderschiffahrt.

Alter und Kulturwerth der Wasserstrassen 217
Tonnenkilometrische Beförderungskosten der Land- und Wasserwege. Beförderungsarten zu Land und zu Wasser 218
Entstehung und Entwickelung der Schiffahrt. Einbäumler, Bambusflösse, Schwimmtöpfe, Kürbisschiffe, Weidenruthenboote, Nilboote, Dschunken. Katamarangs, Magnetnadel und Boussole 218
Beförderungsweisen auf Binnenwasserstrassen 220
Triften und Flösserei. Balkenflösse und Bretterflösse, Donau- und Rheinflösse, Flösse auf der Wolga, Seetüchtige Flösse 221
Flossmanöver. Schwengelruder und Riemen, Kukasanker, Wenden und Landen der Flösse 223
Ruderschiffahrt zu Thal. Kleinschiffahrt für den Nahverkehr, Schiffe für einmalige Thalfahrt, Marktschiffe und Plätten 224
Fortgangsgeschwindigkeit durch Stromantrieb 224
Manöver mit Ruderschiffen. Naufahrt, Vorholen und Rinnenlassen, Wenden und Landen, Schorrbäume 225
Fähren. Ueberfuhrplätten, Fährboote, fliegende Fähren und Brücken, Trajektschiffe . . 226
Ruderschiffahrt zu Berg, Fluss- und Kanalschiffe 227
Darstellung und Beschreibung eines Schiffskörpers. Spantenriss, Aufriss und Wasserlinienriss, Wasser- oder Ladelinien, Abmessungen des Schiffskörpers und Benennung seiner Theile, Querschnitt eines eisernen Schiffskörpers, Steuerlastig und Kopflastig 228
Deplacement und Völligkeit 229
Tragfähigkeit und Schiffsvermessung. Tragfähigkeit, Aichungstabellen, einfache Schiffsvermessung, Freibordhöhe 231
Stabilität des Schiffes, Metacentrum. Stabile und labile Schwimmlage, Ballast, Stampfen und Schlingern 232
Donauruderschiffe. Ruderschiff, Razin, Luntra, Dumbas, Steinschiff, Weinschiff, Plätte und Gams, Ghirlasche, Fischhalter 233
Bauart und Völligkeit der Holzschiffe. Hölzerne Fluss- und Kanalschiffe, Durchbiegung der Holzschiffe, Abmessungen und Völligkeit derselben. Haffschiffe 235
Fortschritte im Holzschiffbau. Mischbau aus Holz und Eisen, Löffelförmiger Oderkahn 236

Digitized by Google

Seite

Eisenschiffbau und Zunahme der Tonnengehalte. Tragfähigkeiten der Donau-, Rhein-, Elbe- und Oderschleppe 238
Grösste Eisenschleppe der Donau, des Rheines, der Elbe und Oder 239
Einfluss der Schleppgrösse auf die Betriebskosten 239
Gegenzug auf Flüssen, Treideln auf Kanälen. Manöver eines Gegenzuges, Davonsprengen, ehemaliger Strudenzug 239
Wirkungsweise und Leistung der Gegenzüge. Leistung des Pferdezuges auf Flüssen und auf Kanälen 241
Segelbetrieb. Steuerschwerter, Fluss- und Kanalsegelschiffe 242
Schieben der Schiffe 243

9. Abschnitt. Dampfschiffahrt.

Papin, Fulton und Symington 244
Allgemeine Bauweise der Flussdampfer 246
Personen- und Eilgutdampfer. Betrieb mit Personendampfern, Personendienst auf der Donau und dem Rheine, Scheldedampfer, amerikanische Personenschiffe, Betrieb mit Eilgut- und Frachtendampfern 246
Zugdampfer, Schleppzugbetrieb 254
Schaufelrad. Wirkungsweise, Slip und Nutzleistung der Schaufelräder, feste und bewegliche Schaufelräder, gekrümmte Radschaufeln 255
Schraube. Wirkungsweise, Slip und Nutzleistung der Schiffsschraube, Durchmesser und Steigung der Schraubenflügel 257
Vergleich des Schaufelrades mit der Schraube 260
Reaktionsdampfer 260
Ketten- und Seiltauer 261
Tauereibetrieb. Tauerschiff des Maréchal de Saxe, erster Tauerzug auf der Rhône . . 262
Auf- und Abnehmen der Kette 265
Kettenrolle mit Fingerlingen. Bellingrath's Kettentrommel 266
Elektrische Kettenrolle. Elektromagnetischer Seinetauer von Bovet 266
Vor- und Nachtheile der Tauerei. Nutzleistung des Tauerzuges, Vergleich des Raddampfer- und Tauerbetriebes 266
Zugsversuche mittels endloser Kette 269
Wasserlokomotive und Wasserrad 270
Wirthschaftliche Zugsmittel 271
Zweckmässiger Fahrpark auf verschiedenen Stromstrecken 272
Vortheilhafte Maschinensysteme. Compound- und Triplexmaschinen, Schrauben-Hammermaschine 273
Schraubenrad. Wirkungsweise des Schraubenrades 274
Probeergebnisse eines Schraubenraddampfers. Hinter- und nebeneinander gelagerte Schraubenräder 275
Dampfturbine 277
Wirthschaftlicher Schlepptyp 279
Seeleichter. Remorquirungen zur See 280
Bagger. Baggerprähme, Löffelbagger, Drehschaufelbagger, Eimerketten- und Spülbagger 281

10. Abschnitt. Schiffahrt auf verschiedenen Strömen und auf seichten Flüssen.

Der Donaustrom. Stromlauf und Nebenflüsse 284
Schiffbarkeit der Donaustrecken 286
Betriebswerth der einzelnen Donaustrecken 287
Ausgeführte Regulirungswerke. Normalprofile der Donau, Uferdeckwerk in Bayern, Parallelwerke und Hochwasserdämme in Niederösterreich, Absperrwerk auf der oberungarischen Donaustrecke, Faschinenbauten in Ungarn 288
Angestrebte Donaufahrtiefen. Regulirung des Donaustromes für Niederwasser . . . 289
Fahrtiefen von Regensburg bis Gönyö 290

Digitized by Google

Seite

Fahrtiefen der Donau-Katarakte 295
Donauschiffahrt und Flotte. Donauschiffahrt in Bayern, Oesterreich, Ungarn, Serbien, Rumänien und Bulgarien, Donauflotte auf den verschiedenen Stromstrecken, Schiffspark der Ersten k. k. pr. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft, Abmessungen und Tonnengehalte der Donaufahrmittel 295
Schleppzug auf der Donau. Seilschiff am Eisernen Thor-Kanal, Betriebsleistungen der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft 300
Normalschleppe der Donau. Der 650- und 670 Tonnenschlepp 301
Bauformen der Eisernen Donauschleppe. Verdeckschleppe, offene und löffelförmige Schleppe, Schleppe mit Dachverschluss, Leichterboote, Tankschleppe 306
Bauformen der Donauzugdampfer 306
Normalzugdampfer 308
Zugskosten zeitgemässer Donaudampfer 312
Der Rhein. Stromlauf und Nebenflüsse 314
Rheinschiffahrt und Rheinflotte 316
Schiffbarkeit der Rheinstrecken 318
Die Elbe Stromlauf und Nebenflüsse 319
Elbeschiffahrt und Flotte 321
Balanceruder 324
Bauart der Elbekähne 324
Schiffbarkeit der Elbestrecken 326
Die Oder. Stromlauf und Nebenflüsse 329
Oderschiffahrt und Flotte 330
Schiffbarkeit der Oderstrecken. Vergleich der Schleppausnützung auf der Donau, dem Rheine, der Elbe und Oder 331
Seineschiffahrt. Französische Binnenflotte 332
Rhôneschiffahrt 333
Grappins 334
Bateau-écluse 335
Rhônetauerei 335
Französische Schleppformen. Rhôneschleppe, Seineschleppe und Kanal-schiffstypen . . 337
Schiffahrt auf seichten Flüssen. Kolonialflüsse 338
Turbinendampfer. Turbinenschraube 338
Heckraddampfer 339
Aluminiumboote 339
Schrauben in Auswölbungen 339
Schraubenrad für seichte Flüsse 340
Kolonialdampfer 341

IV. Theil. Schiffswiderstand und Schleppzug.

II. Abschnitt. Schiffswiderstand.

Wesen, Entstehung und Arten des Schiffswiderstandes. Versuche von Froude, Bewegungswiderstände. Wellenbildung 345
Oberflächen- oder Reibungswiderstand 347
Formwiderstand 348
Wellen- und Wirbelwiderstand 348
Wellenbildung an Flussseichten 348
Widerstände im Kanale 349
Einsinken der Schiffe 350
Luftwiderstand 351
Widerstandsformeln. Alte Formel 352
Formel von Rankine 352
Formel von Riehn 352
Anwendung der Formel Riehn auf die Donauschiffsformen 356

Digitized by Google

Seite

Formel von Rauchfuss. Anwendung der Formel auf den 670 Tonnenschlepp 358
Widerstandsversuche von de Mas auf Flüssen und Kanälen. Zugsversuche auf der Seine und am Kanal von Burgund, Formel von de Mas, Vergleich der Widerstandsergebnisse mit den Donauzugsversuchen 359
Donauzugsversuche 362
Donauformel 363
Widerstände einiger Donauschleppe. Widerstands-Kurven für die 820, 670, 650 und 350 Tonnenschleppe 364
Wirthschaftlichster Donauschlepptyp 368
Einfluss der Schiffsform auf den Gesammtwiderstand 368
Einfluss der benetzten Schiffsoberfläche auf den Gesammtwiderstand 370

12. Abschnitt. Schleppzug auf Flüssen und Strömen.

a) Allgemeine Erfordernisse für einen wirthschaftlichen Schleppzug auf Flüssen.

Wirthschaftliche Fahrmittel. Betriebsmittel der Binnenschiffahrt und der Seeschiffahrt, Zeitgemässe Fahrmittel 373
Leichte Bauart der Schiffsgefässe. Beanspruchung der Seeschiffe und der Flussschiffe, Schwingungen der Dampferkörper 374
Vorzug des Eisens und Nachtheil des Holzes im Schiffbau 375
Betriebserfordernisse für einen wirthschaftlichen Schleppzug 377

b) Ausnutzung der Schiffsmaschine.

Leistung der Dampfmaschine. Nominelle, indizirte und effektive Pferdekräfte . . . 377
Ueberlastung der Schiffsmaschine 378
Maschinenleistung in stromlosem Wasser 379
Maschinenleistung in strömendem Wasser 379
Kesseldruck und Cylinderfüllung 380
Wirkung der trägen Massen 381

c) Vortheilhafte Schleppzugsmanöver.

Dampfermanöver 381
Abfahrtsmanöver. Ankermanöver, Abfahrt bei Windstille und bei anlehnendem Winde 382
Seilmanöver. Intaunahme der Schleppe, Strupfe, Schlepptau und Aufklampfseile, Austaulassen der Schleppe und deren Verheftung, Thalschlepptug mit Bremstauen . . 382
Wendemanöver. Wenden am Anker, mit gebremstem Schlepptau und mit Bruthseil . 384
Landungsmanöver 386
Flottmachungsmanöver 387

d) Steuerfähigkeit der Schleppzüge.

Gieren der Schleppe während des Zuges 387
Ungenügende Steuerfähigkeit der Schleppe 389
Einfluss der Steuerfähigkeit auf die Zugskosten 390
Steuerung eines Schiffes, Steuerruder, Steuerfähigkeit und Steuerkreis, Handsteuer- und Dampfsteuervorrichtungen 391
Einfluss der Schiffsform auf die Steuerfähigkeit 394
Steuervorrichtung mit Gegengewicht, Patentschiffsteuer 394
Schleppzug mit dem Patentschiffsteuer 396

e) Vertauung der Schleppzüge.

Lange und kurze Schlepptaue 396
Zweckmässige und unzweckmässige Vertauung 397
Berg- und thalfahrende Donauschleppzüge 399
Grösse und Fortgangsgeschwindigkeit der Donauschleppzüge 404
Rheinschleppzug 405
Elbeschleppzug 407
Oderschleppzug 408

Digitized by Google

Seite

Schleppzug auf der Rhône und der Seine 409
Schleppzüge am Ohio und Mississippi 409
Schleppzüge auf den Flüssen Aire und Calder 410
Schleppzug auf kanalisirten Flüssen 411

13. Abschnitt. Schleppzug auf Kanälen.

a) Allgemeine Erfordernisse für einen wirthschaftlichen Schleppzug auf Kanälen.

Schleppzug in Kanalkrümmungen und bei Kreuzungen 412
Kanalzugsgeschwindigkeit 412
Steuerfähigkeit der Kanalschleppzüge. Widerstandsversuche am Dortmund-Ems-Kanal 413
Einfluss des Kanalquerschnittes und der Kanalform auf den Zugswiderstand . . 414
Einfluss der Kanaloberfläche auf den Zugswiderstand 416

b) Zugsmittel auf Kanälen.

Pferdezug 416
Elektrische Einzeltauerei 417
Elektrische Kettenschiffahrt am Bourgogne-Kanal 418
Drahtseilhängebahn von Lamb 420
Trägerbahn von Thwaite-Cawley 420
Schleppdreirad 421
Schlepplokomotive 422
Lokomotivzug am Finow-Kanal 423
Schraubensteuerzug 424
Elektrischer Schraubenbootbetrieb am Erie-Kanal 424
Einzelbetrieb mittels Schraubenrädern 425
Wandertaubetrieb 426
Nachtheile der einzelnen Kanalzugsmittel 427
Kanalzug mittels Schrauben- oder Schraubenraddampfer 428
Wirthschaftlichkeit der einzelnen Kanalzugsmittel. Wirkungsgrad, Anlagekosten, Bedienungs- und Zugskosten 428
Tonnenkilometrische Kosten des Kanalzuges 430
Zweigeleisige Kanalzugsanlagen 431
Betriebssicherheit der einzelnen Kanalzugsmittel 433
Behinderung des Treidelweges 433
Durchfahren der Schleusen 434

c) Lokomotivzug und Dampferbetrieb.

Zugskosten des elektrischen Lokomotivzuges 434
Zugskosten des Dampferzuges 435
Berechnung der Dampferzugkraft 435
Berechnung der Selbstkosten eines Dampferbetriebes 436
Kosten des Dampfers 436
Kosten der Schleppe 437
Vergleich der Dampfer- und Lokomotivzugskosten 438
Staatlicher und einheitlicher Kanalbetrieb 438
Zweckmässige Einrichtung eines Kanalbetriebes 440

V. Theil. Wirthschaftlicher Werth der Wasserstrassen.

14. Abschnitt. Leistungsfähigkeit der Wasserstrassen und der Schienenwege.

Allgemeine Verkehrssteigerung 443
Leistungsfähigkeit der Binnenverkehrsmittel. Vortheile der Wasserstrassen . . 443
Zugkraft und Zugswiderstand. Indizirte Pferdekräfte und Zugswiderstände der Eisenbahn und der Schiffahrt 444

Digitized by Google

Seite

Grösse der Fahrmittel. Todte Last und Nutzlast 445
Anschaffungs- und Bemannungskosten 445
Vielseitige Benutzbarkeit der Wasserstrassen. Stufenleiter der Frachtkosten . . . 445
Nachtheile der Wasserstrassen, Verkehrsunterbrechungen. Wintersperre und Enteisungen, Betriebsdauer auf der Donau, am Rheine, auf der Elbe, Oder, den deutschen, französischen und russischen Kanälen 446
Tag- und Nachtbetrieb 447
Einfluss der Wasserstrassen auf die Preisbildung der Güter 447
Seeverkehr und Seeflotte. Tonnengehalt und Entwickelung der Seeflotte. Grösste und schnellste Seedampfer, Amerikafahrer, Segelschiffahrt 448
Beförderungskosten des Seeverkehres 450
Beförderungskosten des Binnenverkehres 452
Massengut- und Stückgutverkehr auf Wasserstrassen 454
Güterdienst auf der Donau, der Elbe und dem Rheine 455

15. Abschnitt. Wettbewerb zwischen Eisenbahn und Schiffahrt.

Eisenbahnverkehre 457
Tarifarische Massnahmen der Eisenbahnen 457
Staffeltarife. Staffel-, Differential- und andere Begünstigungstarife, Anschlusstarife . . . 458
Frachtrücklässe 459
Betriebstechnische Massnahmen der Eisenbahnen 460
Betriebstechnische Massnahmen der Schiffahrt 461
Einwirkung des Wasserverkehres auf das Bahnerträgnis 461
Sinken des Ertrages der Transportanstalten. Frachtzusammenschluss 463
Frachtsätze und Selbstkosten. Normaltarife. Unveränderliche und veränderliche Selbstkosten, Voraussichtliche Selbstkosten 464
Schiffsfrachtsätze des Donau-, Rhein-, Elbe- und Odergebietes 467
Durchschnittsfrachtsätze. Auf der Donau, dem Rheine, der Elbe und Oder 474
Niederste Frachtsätze. Auf der Donau, dem Rheine, der Elbe und Oder 474
Durchlaufender Fluss- und Kanalfrachtsatz 474
Niederste und höchste Schleppladungstarife 474
Bahnfrachtsätze im Donau-, Rhein-, Elbe- und Odergebiete 476
Niederste und höchste Wagenladungstarife 479
Vergleich der Schiffs- und Bahnfrachtsätze 479

16. Abschnitt. Volkswirthschaftlicher Werth der Wasserstrassen.

Nutzen der Wasserstrassen für die Landwirthschaft, Handel und Industrie . . . 480
Verkehrstechnischer Werth der Wasserstrassen 482
Privatkanäle 482
Kanäle und Eisenbahnen ohne ausreichende Verzinsung 483
Staatskanäle 484
Abgaben auf Wasserstrassen 484
Wasserstrassen vom Standpunkte der Verkehrspolitik 485
Wirthschaftlicher Werth der Wasserstrassen für Deutschland 486
Wirthschaftlicher Werth der Wasserstrassen für Frankreich 489
Wirthschaftlicher Werth der Wasserstrassen für Europa 489

VI. Theil. Statistik der Wasserstrassen.

17. Abschnitt. Bestehende und geplante Binnenwasserstrassen.

Entwickelung der Binnenschiffahrt in Europa 495
Oesterreich 497
Donau- und Elbeverkehr in Oesterreich 498

Digitized by Google

Seite

Ungarn 499
Ungarische Transportsteuer und Schiffahrtsgebühren am Eisernen Thor 500
Ungarische Kanalbauentwürfe 500
Rumänien 502
Europäische Donaukommission 502
Serbien 503
Bulgarien 503
Deutschland 503
Verkehrszunahme auf den deutschen Wasserstrassen 504
Rhein-, Elbe- und Oderverkehr. Tonnenkilometrischer Verkehr der deutschen Stromgebiete 505
Wichtigste Kanäle Deutschlands 506
Deutsche Kanalbauentwürfe 508
Frankreich 510
Französischer Kanalbetrieb 512
Verkehrszunahme auf den französischen Wasserstrassen 512
Französische Kanalbauentwürfe 513
Belgien 514
Niederlande 515
England. Irland und Schottland 517
Englisches Kanal-Tarifgesetz 521
Schweden und Norwegen 521
Russland 523
Russische Binnenflotte 525
Wolgaschiffahrt. Stromlauf, Nebenflüsse, Gefälle und Fahrtiefen, Wolgadampfer und russische Schleppkypen, Astatkifeuerung, Wasserstrassen in Finnland und in Sibirien 526
Russische Kanalbauentwürfe 530
Italien 531
Spanien 531
Vereinigte Staaten von Nordamerika 532
Schiffahrt auf den grossen Binnenseen 534
Erie-Kanal 534
Kanäle des Mississippi und des Seegebietes 534
Mississippischiffahrt. Stromlauf, Nebenflüsse, Tiefen, Geschiebe und Mündung, Mississippiflotte 536
Binnenverkehr und Binnenflotte Amerikas 539
Amerikanische Kanalbauentwürfe 540
Panama-Kanal 541
Kanada 541
Indien 543
China 544

18. Abschnitt. Das österreichische Wasserstrassengesetz.

Das Gesetz und seine Begründung 545
Gesammtlänge der geplanten österreichischen Wasserstrassen 549
Höhen der Wasserscheiden. Schleusen oder Hebewerke 550
Wirthschaftlicher Werth der einzelnen Kanallinien 552
Donau-Oder-Kanal 552
Donau-Moldau-Kanal 556
Oder-Elbe-Kanal 560
Oder-Weichsel-Dnjester-Kanal 560
Schiffbare Flüsse Galiziens 561
Linz-Moldau-Kanal 562
Voraussichtliche Kanalverbindungen 563
Verbindung des Donaugebietes mit Triest 564

Digitized by Google

I. Theil.

Natürliche Wasserstrassen.

Digitized by Google

1. Abschnitt.

Entstehung und allgemeine Eigenschaften der Flüsse und Ströme.

Niederschläge. Alles Sein und Werden, alle Bewegung und jede Art von Kraftäusserung verdanken wir der Sonne. Die Sonne ist fortwährend und seit ewig thätig, Bewegung und Leben hervorzurufen, während die Erde Alles an sich zu ziehen und jede Bewegung zur Ruhe zu bringen bestrebt ist.

Durch die beständig wirkende Sonnenkraft verdunstet das Wasser an der Oberfläche des Meeres und der Erde, wird emporgehoben und fortgeführt, bis es durch den Einfluss niedrigerer Luftwärme wieder abgekühlt, zur Verdichtung kommt und auf die Erde zurückkehrt.

Soweit nun dieses Wasser auf höher gelegenen Stellen des Festlandes niederfällt, bietet es dem Menschen dadurch, dass es auf der Erde wieder zur Ruhe zu kommen trachtet und den tieferen Stellen und endlich dem Meere zufliesst, ein Arbeitsvermögen zur Ausnützung dar.

Wir verdanken somit der Urquelle aller irdischen Kraft, der Sonnenwärme, nicht nur den unscheinbaren Bach, sondern auch unsere gewaltigen Ströme und Millionen noch unausgenützter Wasserkräfte.

Das Emporsteigen des Wassers in luftförmigem Zustande in die Höhe der dasselbe fortbewegenden Luftströmungen, dessen Verdichtung daselbst zu einem Niederschlage und endliche Rückkehr als Flüssigkeit zum Meere bildet einen fortwährenden Kreislauf.

Die in diesem Kreislaufe befangene Niederschlagsmenge wird aber offenbar, wenngleich in nicht wahrnehmbarem Maasse, immer geringer, denn das Wasser, welches die Schwerkraft den metallischen Massen und Gesteinen des Erdinnern ununterbrochen zuführt, wird von diesen theilweise aufgesaugt, theilweise chemisch gebunden, daher der Wassermasse der Erdoberfläche entzogen.

Wenn man bedenkt, wie gering die Wassermasse der Ozeane, von durchschnittlich 4 km Tiefe, gegenüber der Erdkugel mit ihrem Halbmesser von 6000 km ist, so ist der Schluss zulässig, dass der Wassergehalt der Meere im Rückgange begriffen sein muss. Aber auch der Gedanke ist nicht abzuweisen, dass dadurch die Regenmengen, welche heute die Wasserläufe speisen und das Erdreich befruchten, immer seltener und endlich ausgedehnte Wüsteneien entstehen werden, denen einst das ganze organische Leben zum Opfer fallen wird. Freilich ist dieser Prozess, welcher schon vor Millionen von Jahren begonnen hat, an keine absehbare Zeit geknüpft.

Digitized by Google

Der Niederschlag auf der Erdoberfläche scheidet sich in vier Theile. Jener Theil, welcher von dem Pflanzenwuchse nicht aufgesaugt wird, verdunstet entweder, oder er sickert in die Erde, oder aber er fliesst auf der Oberfläche derselben ab. Die drei letzten Formen bilden den Ursprung aller Flüsse und Ströme.

Verdunstung. Die Fähigkeit der Luft, Wasserdampf aufzunehmen, hängt von der Wärme derselben ab und nimmt bei höheren Wärmegraden zu.

In 100 Gewichtstheilen mit Wasserdampf gesättigter Luft sind bei einem Luftdrucke von 0.730 m enthalten:

bei 0°, + 5°, + 10°, + 15°, + 20°, + 25°, + 30° Celsius
0,30, 0,40, 0,60, 0,90, 1,30, 1,80, 2,40 Gewichtstheile Wasserdampf.

Die mit Wasserdampf gesättigte Luft ist durchsichtig, wird sie abgekühlt, so verdichten sich die Dämpfe zu Nebel oder Wolken. Je nachdem sich die Wassertheilchen dieser miteinander verbinden, entstehen Thau, Regen, Hagel oder Schnee.

Die Ausscheidung ist, wie sich aus obiger Ziffernreihe ergiebt, je nach der Luftwärme verschieden. Wird beispielsweise mit Wasser gesättigte Luft von 30 Grad C. auf 20 Grad C. abgekühlt, so scheiden sich 2,40—1,30 = 1,10 pCt. Wasser aus, während, wenn eine Abkühlung von 15 Grad auf 5 Grad C. erfolgt, nur 0,90—0,40 = 0,50 pCt. Wasser, ausgeschieden wird.

Hieraus erklärt sich, warum die Niederschläge in einer heissen Zone und im Sommer reichlicher als in einer kalten Zone und im Winter sind.

Winde und Wetter. Die Luftströmungen, Winde, welche durch die verschiedene Erwärmung der einzelnen Stellen der Erdoberfläche entstehen, wodurch Unterschiede im Luftdrucke hervorgerufen werden, haben die Aufgabe, den von den gewaltigen Meeresflächen emporsteigenden Wasserdampf den Landflächen als Niederschläge zuzuführen.

Die stärkste Luftströmung entsteht dadurch, dass die Luft über der Zone zwischen den Wendekreisen durch die Sonne viel stärker erwärmt wird, als über den Polargegenden, daher in grosse Höhe emporsteigt und überfliesst, während von letzteren die kältere Luft in tieferer Lage wieder dem Aequator zuströmt.

Wäre die Erdoberfläche gleichartig gestaltet, so müssten diese Luftströmungen und mit ihnen die Witterungsverhältnisse ziemlich gleichmässig und leicht zu beobachten sein.

Die Regelmässigkeit der Luftströmungen wird aber durch die Lage, Form und den Zustand der Erdtheile und Gebirge gestört und es entstehen stets wechselnde Land- und Seewinde.

Die hierdurch bedingten verschiedenartigen Witterungserscheinungen werden noch dadurch beeinflusst, dass die Luftströmungen sowohl an den Polen, als auch am Aequator durch die Drehung der Erde eine Abweichung erleiden. Die Luftströmung, welche an einem Orte in der Richtung eines Längenkreises beginnt, erhält durch diese Achsendrehung gleichzeitig

Digitized by Google

die Umfangsgeschwindigkeit des Ortes von Westen nach Osten, also eine zweifache Bewegung.

Von weiterer Einwirkung auf den Kreislauf des Wassers ist die Lage und Vertheilung der Meere und des Festlandes, sowie die Beschaffenheit der Erdoberfläche selbst. Da die Luft mit zunehmender Wärme immer mehr Wasserdampf aufzunehmen im Stande ist, wird eine öde, kahle, ebene, von der Sonne stark erwärmte Gegend nur wenig Niederschläge ermöglichen, während waldreiche Gebiete und ein üppiger Pflanzenwuchs eine übermässige Erhitzung der Erdoberfläche nicht gestatten und daher der Hervorbringung von Niederschlägen günstig sind.

So ist an der Westküste von Südamerika, an der Ostküste von Afrika und im Südwesttheile von Indien der Regenfall beträchtlich, dagegen fast null in der Sahara und Mittelasien, sowie in einigen Gebieten von Mittelamerika.

Auf die Menge der Niederschläge sind die Wälder allerdings von keinem Einflusse, sie regeln jedoch die vorhandenen Niederschlagsmengen, weil sie einen grossen Theil derselben in ihre Moosdecke und in ihr Laub aufnehmen und erhalten und diese dann langsam verdunsten oder zum freien Abfluss kommen lassen.

Aus diesem Grunde werden bestimmte Regenmengen aus waldreichen Gegenden nur als langsam abfliessende Hochwässer abgehen, während kahle und entwaldete Gebiete die gleich grossen Niederschläge in viel kürzerer Zeit den Flüssen als verheerende Hochfluthen zuführen können.

Waldungen sind daher ebenso wie die Binnenseen, durch welche Wasserläufe hindurchgehen, als Regler der Wasserführung zu betrachten.

Eine Ausnahme bilden die plötzlich eintretenden aussergewöhnlichen Niederschläge, Wolkenbrüche, bei welchen die Aufnahmsfähigkeit auch des bewaldeten Gebietes gegenüber der gefallenen Regenmenge zu gering ist.

Wettervoraussagung. Wenn man die vielseitigen Beeinflussungen, welche die Luftströmungen durch die Gestaltung der Erdoberfläche und durch die Achsendrehung erfahren, ins Auge fasst, so ist es klar, dass die Vorherbestimmung der Witterungserscheinungen, die Wettervoraussage, soweit sie nicht auf wissenschaftlicher Grundlage fusst, nur eine zufällig eintreffende sein kann.

Oertliche Erscheinungen und Anzeichen in der Natur ermöglichen zwar für kurze Zeit und für einen beschränkten Umkreis die Vorherbestimmung eines Gewitters, Sturm oder Kälte; jedoch im allgemeinen für einen längeren Zeitabschnitt, wie beispielsweise für ein Jahr das Wetter vorauszusagen, gehört in das Gebiet der Einbildung. Der Glaube an derartige Voraussagungen hat sich nur dadurch verbreitet, dass thatsächlich gewisse verzeichnete Witterungserscheinungen an bestimmten Tagen in irgend einer Gegend zufällig eintrafen und erwähnt zu werden pflegen, während die grosse Anzahl nicht eingetroffener Ereignisse unbeachtet bleibt.

Wetterkunde, Wetterkarten. Dagegen lässt sich in Folge der zunehmenden Erkenntnis der Naturgesetze und mit Hilfe zahlreicher Beobachtungen das Fortschreiten der Luftströmungen und damit die Vorherbestimmung der Winde und Stürme mit ziemlicher Genauigkeit durchführen und hieraus auf die zukünftigen Witterungsereignisse schliessen.

Digitized by Google

Das über ganz Europa und viele Punkte der übrigen Welttheile ausgedehnte Netz von **meteorologischen Beobachtungsorten** liefert dazu die Grundlagen.

Um den Zusammenhang zwischen den Hauptrichtungen der Winde und der Vertheilung des Luftdruckes zu veranschaulichen, werden **Wetterkarten**,

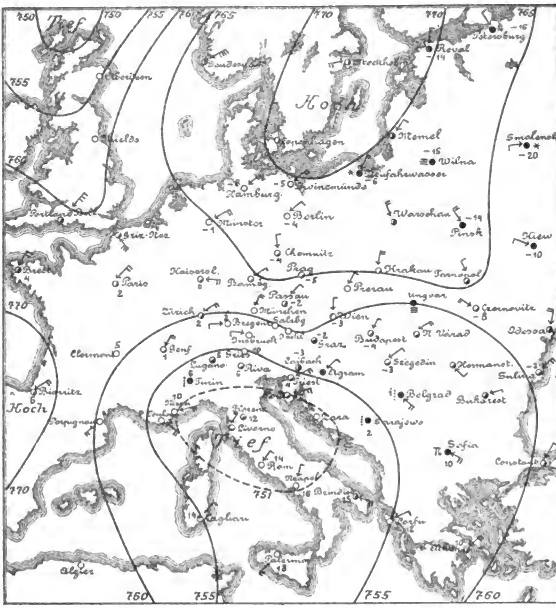


Bild 1. Wetterkarte.

welche die Grösse des mittleren Luftdruckes und die herrschende Windrichtung an den einzelnen Orten der Erdtheile darstellen, von den meteorologischen Hauptanstalten herausgegeben.

Der jeweilige Luftdruckstand eines Ortes wird mittels selbstverzeichnender Vorrichtungen bildlich dargestellt und aus diesen Darstellungen die Tagesmittel gezogen.

Führt man die mittleren Luftdruckstände für jeden Ort auf den Meeresspiegel zurück und verbindet die Punkte gleichen Luftdruckes auf der Karte miteinander, so erhält man die **Isobaren**. Diese Linien umschliessen entweder

Digitized by Google

solche Orte, welche einen höheren Luftdruck als die benachbarten Orte aufweisen, die Luftdruckhochstände, Maxima, oder solche, deren Luftdruck niedriger als jene der Umgebung ist, die Luftdrucktiefstände, Minima.

Die geschlossenen unregelmässigen Krümmungslinien auf der Wetterkarte Bild 1 sind die Isobaren. Die jeweilig höchsten und tiefsten Luftdruckstände werden mit „Hoch" und „Tief" bezeichnet.

Die Pfeile fliegen mit dem Winde, deren Befiederung giebt die Windstärke an: Schwacher Wind → bis Orkan ➢. Die Ziffern bei den Orten bezeichnen die Wärmegrade nach dem hunderttheiligen Wärmemesser (Celsius). Die Witterung an den einzelnen Orten wird durch folgende Zeichen bemerkt: Bewölkung ○ klar bis ● bedeckt, Regen ●⁚, Schnee ●✱, Nebel ●≡, Gewitter ● R.

Der höchste bisher beobachtete Luftdruck steigt bis 800 mm, der tiefste fällt bis 700 mm, während der gewöhnliche Luftdruck (Normal-Barometerstand) in Meereshöhe bei 0 Grad Celsius 760 mm beträgt.

Aus der auf der Karte in dieser Weise dargestellten Vertheilung des mittleren Luftdruckes und der herrschenden Windrichtungen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. Die Luft strömt immer von der Gegend höheren Luftdruckes zu der Gegend niederen Luftdruckes und wird dabei durch die Erddrehung auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt.

2. Je dichter die Isobaren nebeneinander liegen, um so grösser ist die Windgeschwindigkeit, um so stärker der Wind.

3. Mit den Luftdrucktiefständen bewegen sich auch die zugehörigen Windzonen, so dass die Windrichtung und damit die Witterung eines Ortes von der Lage des in seiner Nähe vorübergehenden Luftdrucktiefstandes abhängt.

Die Ursachen der Entstehung aller Maxima und Minima sind zwar noch nicht erforscht, jedoch wurden durch die umfassende Thätigkeit der meteorologischen Anstalten so viele statistische Erhebungen gesammelt, dass sich die Bewegungsrichtungen sehr vieler Minima heute schon mit einiger Sicherheit vorausbestimmen lassen.

Windstärke. Zur Messung der Windgeschwindigkeit und des Druckes desselben werden verschiedene, oft selbstverzeichnende Vorrichtungen verwendet

Für den gewöhnlichen Schiffergebrauch wird die Windstärke nur annähernd abgeschätzt und den praktischen Bedürfnissen entsprechend in der auf umstehender Windtafel dargestellten Weise verzeichnet.

Eine strenge Unterscheidung zwischen Wind, Sturm und Orkan lässt sich kaum geben. Schwere Stürme, Wirbelstürme, gehören in unseren Gegenden zu den Seltenheiten und haben meist eine geringe Ausdehnung. Zuweilen treten als Wind- und Wasserhose bezeichnete Wirbelströmungen auf, welche auf der Erd- oder Wasseroberfläche eine fortschreitende Bewegung annehmen, aber zumeist bald ohne Schaden zu verursachen, zerstäuben.

In den Tropen dagegen treten Wirbelstürme oft mit grossem Sturmfeld und zerstörend auf. Je nach der Gegend werden sie als Orkan, Cyklon oder Taifun bezeichnet und entstehen durch eine örtlich ausgedehnte Erwärmung der Luft über den grossen Ebenen und Wüsten.

Digitized by Google

Windstärke	Geschwindigkeit des Windes in Meter i. d. Sekunde	Druck des Windes auf 1 m^2 in Kilogr.	Wirkungen des Windes
0 Stille	0—0,5	0—2	Dem Gefühle unmerkbar; Rauch steigt fast gerade empor.
1 Schwach	0,5—4	3—8	Für das Gefühl merkbar; Gräser, Blätter, Wimpel oder Flaggen werden leicht bewegt.
2 Frisch	5—10	9—20	Bewegt Blätter und Baumzweige, streckt Wimpel und kleine Flaggen gerade.
3 Stark	11—16	21—40	Bewegt grosse Zweige und schwache Stämme, zerreisst Flaggen und streckt alles Tauwerk.
4 Sturm	17—30	41—90	Grosse Bäume, Schiffsmaste werden bewegt, leichtes Tauwerk zerrissen.
5 Orkan	über 30	91—200	Entwurzelungen, zerstörende Wirkung, Ankerverlust

Von verheerender Wirkung sind die unter dem Namen Tornados bekannten, in ihrer Grösse immer zunehmenden hohen Wettersäulen in Mittel-Amerika.

Regenhöhe. Von grosser Wichtigkeit, sowohl für die Wetterkunde, als auch für die Binnenschiffahrt, den Wasserbau und die Landwirthschaft ist die Bestimmung der Niederschlagsmengen. Dieselben werden, indem man sich alle Niederschläge in Regen verwandelt denkt, als Regenhöhe angegeben.

Die Regenhöhe ist die Höhe der Wasserschichte, welche entstünde, wenn der Regen auf eine wagerechte Bodenfläche fallen und sich weder durch Abfluss noch durch Verdunstung verringern würde.

Nach diesem Grundsatze sind alle Vorrichtungen zur Messung der Regenhöhe verfertigt. Um den Zusammenhang zwischen Windrichtung und Regenfall zu erfahren, werden zu feineren Beobachtungen Instrumente verwendet, welche selbstthätig anzeichnen, wie viel Wasser innerhalb bestimmter Zeiträume niederfällt.

Voraussichtliche Niederschläge. Die beobachteten Regenmengen versucht die Meteorologie mit der Breite und Lage des Ortes, sowie mit den Jahreszeiten in einen Zusammenhang zu bringen, um hieraus die voraussichtlich eintretenden Niederschläge zu veranschlagen. Diese Beobachtungen sind jedoch, weil sie auch von örtlichen Verhältnissen beeinflusst werden, unsicher. Selbst die jährlichen Niederschlagsmengen an einem bestimmten Orte sind so verschieden, dass aus deren Jahresmittel keine sicheren Schlüsse gezogen werden können.

Für unsere Gegenden und für Mittel-Europa fällt die grössere Regenmenge auf die Sommermonate. Man nimmt an, dass von einer mittleren Regen-

Digitized by Google

höhe von 67 cm auf den Winter 15 pCt., den Frühling 25 pCt., den Sommer 40 pCt. und auf den Herbst 20 pCt. entfallen.

Die mittleren jährlichen Niederschläge für das Donaugebiet stellen sich nach zehnjährigen Aufschreibungen auf 89,33 cm. Hiervon entfallen auf die Monate: Jänner 4,81, Februar 4,60, März 4,81, April 6,52, Mai 9,23, Juni 9,82, Juli 11,47, August 10,04, September 7,30, Oktober 8,66, November 6,82 und Dezember 5,25 cm.

Im Stromgebiete des Rheines berechnet man das Jahresmittel mit 69 cm, in jenem der Elbe mit 72 cm und in jenem der Oder mit 57 cm.

Die Frage, wie viel von den Niederschlagsmengen verdunstet und der Luft wieder zugeführt wird, wäre eben so wichtig, als die Bestimmung der Niederschlagsmengen selbst. Leider liefern die zu diesem Zwecke bisher angestellten Beobachtungen nur ein unsicheres Ergebnis. In unseren Gegenden ist die Verdunstung am geringsten während der Wintermonate, nimmt im Frühlinge zu und ist am grössten im Sommer. In freier Gegend, bei nichtbewölktem Himmel, entsteht eine besonders starke Verdunstung. In Waldgebieten ist sie wesentlich geringer als auf flachem Lande.

Versickerung. Wie viel vom Niederschlage in die Erde sickert, ist schwer zu bestimmen. Die Annahme, dass von den gesammten Niederschlägen ein Dritttheil verdunste, ein Dritttheil versickere und ein Dritttheil auf der Erdoberfläche ablaufe, ist eben so unsicher, als die Voraussetzung, dass, weil ein grösserer Theil der eingesickerten Regenmenge unterirdisch abfliesse, die durch Quellen, Bäche und Flüsse abgeführte Wassermenge die Hälfte der gesammten Regenmenge betrage.

Nach mehrjähriger Beobachtung der Abflussmengen am Moldaupegel in Karolinenthal fliesst beispielsweise von den im Moldaugebiete gefallenen Niederschlagsmengen ein Drittheil ab, daher zwei Drittheile verdunsten und versickern würden. Festgestellt durch mehrfache Beobachtungen ist nur die Thatsache, dass bewaldeter Boden grössere Niederschlagsmengen aufnehmen kann, als das freie Feld, während letzteres wieder im Winter eine grössere Wassermenge als der Wald abgiebt. Der Wald bildet also im Sommer einen Wassersammler, aus welchem Quellen, Bäche und Flüsse langsam gespeist werden.

Grundwässer und Quellen. Das versickernde Wasser folgt dem Gesetze der Schwere und sinkt in die oberen Erdschichten ein. Ein Theil des Sickerwassers bleibt im Erdinnern und heisst Grundwasser.

Das Grundwasser bildet für die Flüsse gleichfalls einen aufgespeicherten Wasservorrath, welcher die nächstliegenden Wasserzüge speist oder seinen Inhalt einem Wasserlaufe unterirdisch allmählig abgiebt.

Bild 2 veranschaulicht die Bewegung des Grundwassers.

Die Wassertheilchen sickern in der durchlässigen Schichte a durch zumeist sehr enge Röhrchen auf die undurchlässige Schichte b. Unter der Einwirkung der Schwerkraft, welche sie im Sinne des Gefälles abfliessen macht und der Erscheinung, welche sie in den Durchflussröhrchen zurückhält, treten sie endlich, zu einer Wassermenge versammelt, im Flussthale c zu Tage.

Digitized by Google

Das Sammelbecken d zeigt einen unterirdischen Abfluss e von angesammeltem Grundwasser. Wenn die Niederschläge gross sind, steigt das Wasser im Fluss und im Sammelbecken bis c', überfliesst im letzteren und erzeugt bei f eine Quelle.

Aus der Abbildung ist auch zu entnehmen, in welchem Zusammenhange das Grundwasser mit dem Flusswasser steht und wie beide wechselseitig zunehmen oder abnehmen, eine Erscheinung, die zur Zeit von Ueberschwemmungen in jedem Flussgebiete leicht beobachtet werden kann.

Die Quellen entstehen demnach, wenn das Sickerwasser eine undurchlässige Schichte erreicht und auf dieser in der Richtung des grössten Gefälles so lange weiterfliesst, bis es an der Stelle, wo diese Schichte in tieferer Lage wieder zu Tage tritt, hervorquillt.

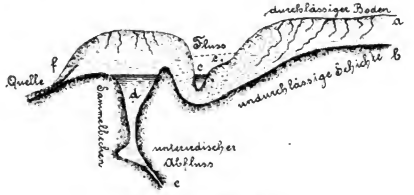


Bild 2. Grundwasser.

Oft vereinigen sich derartige Quellen noch im Erdinnern zu Bächen und diese zu Flüssen, oder bilden unterirdische Wasserbecken und treten dann plötzlich als schon starke Flüsse zu Tage. Diese Erscheinung tritt besonders in Karstgebieten auf, deren zerklüftete durchlässige Schichten und Erdrisse grosse Wassermengen aufnehmen können.

Oberflächenabfluss, Bäche. Die Niederschlagsmengen, welche in die Erde nicht eindringen können, rinnen an den Abhängen nieder, vereinigen sich in der tiefsten Stelle des Thales zu einem Wasserlaufe und fliessen nun dem Thalgefälle entlang als Bach weiter.

Diese von den Wasserläufen genommene Abflussrichtung nennt man den Thalweg. Je nachdem der Thalweg mehr oder weniger undurchlässigen oder durchlässigen Boden hat und je nach dessen Quellgebiete werden die Bäche wasserreich oder wasserarm sein.

Die Bäche werden als Regenbäche bezeichnet, wenn sie durch Niederschlagswasser unmittelbar gespeist werden. Entstehen solche im Gebirge, so heissen sie Wildbäche. Die Wildbäche haben ein grosses Gefälle und zeichnen sich durch heftige Hochwässer aus, die um so zerstörender wirken können, wenn sie grosse Geschiebe mitführen, dieselben im Thalweg ablagern und dadurch oberhalb dieser Ablagerungen Wasseranschwellungen verursachen.

Die durch Schmelzen von Gletschereis gespeisten Wasserläufe nennt man Gletscherbäche. Diese haben bei kalter Witterung wenig, bei warmem Regen oder im Sommer jedoch viel Wasser.

Digitized by Google

Flüsse und Ströme. Aus dem Zusammenflusse vieler Bäche entstehen Flüsse, die sich zu Strömen vereinigen und endlich in das Meer münden.

Der Fluss fliesst so wie die Quellen in der Gefällsrichtung der undurchlässigen Schichte. Aendert sich diese und trifft der Fluss durchlässigen Boden, so tritt die Erscheinung auf, dass sich seine Wassermenge zusehends verringert, ja dass der Fluss ganz verschwindet, sein Wasser aber unterirdisch weiterströmt und an anderer Stelle wieder zu Tage tritt. Die Karstflüsse bilden hierfür ein Beispiel.

Bei jedem Flusse oder Strome unterscheidet man den Ursprung, den Oberlauf, Mittellauf, Unterlauf und die Mündung.

Hat der Oberlauf ein besonders starkes Gefälle, so wird er als Gebirgsfluss bezeichnet. Gewöhnlich ist auf solchen eine Bergfahrt mit Schiffen nicht möglich, weil ihre Strömung zu gross ist und starke Geschiebeführungen das Flussbett verändern und verwildern.

Die höchsten Bodenerhebungen, welche die einzelnen Fluss- oder Niederschlagsgebiete von einander trennen, nennt man Wasserscheiden.

Der Wasserreichthum eines Flusses hängt von der Grösse, von der natürlichen und der wirthschaftlichen Beschaffenheit seines Niederschlaggebietes, von der Menge und der Vertheilung des Niederschlages, von den vorhandenen Wassersammelbecken, sowie vom Klima ab. Nachdem nicht nur die Niederschlagsverhältnisse, sondern auch die einzelnen Flussthäler und Thalwege verschieden sind, so folgt, dass jeder Fluss oder Strom seine besonderen Erscheinungen hat, welche wieder auf seinen einzelnen Strecken verschieden sind.

Allgemeine Flusseigenschaften. Die wissenswerthesten Erscheinungen eines Flusses sind dessen Wasserstand, Wassermenge, Gefälle und Stromgeschwindigkeit, ferner die Gestaltung seines Bettes und die Geschiebeführung in demselben.

Wasserstand. Der Wasserreichthum eines Flusses hängt von vielen Umständen ab, es wechseln deshalb auch seine Wasserstände.

Für den Schiffer ist hauptsächlich nothwendig die Kenntnis des Niederwassers, des gewöhnlichen Wasserstandes oder Normalwassers und des Hochwassers. Der Flussbau muss ausser diesen noch den aus sämmtlichen Tagesbeobachtungen gerechneten mittleren Wasserstand kennen, welcher in der Regel dem Normalwasserstande nahezu gleich ist.

Niederwasser. Unter Niederwasser versteht man die in jedem Jahre längs des ganzes Flusses eintretenden niederen Wasserstände. Dasselbe ist dadurch kenntlich, dass einzelne Regulirungsbauten seine Höhe überragen.

Bei länger andauerndem Niederwasser erfolgt meist die gleichzeitige Aufnahme aller Wasserstandshöhen an den wichtigeren Flussstellen, wodurch die Höhe des ganzen fortlaufenden Wasserspiegels, das Längenprofil des Flusses, bestimmt wird.

Auf das Niederwasser ist der Bau der Schiffskörper insofern begründet, als der Tiefgang, die Breite und die Länge aller Dampfer und Schleppe den sich bei diesem im Thalwege ergebenden Abmessungen angepasst werden müssen.

Digitized by Google

Ausser dem Niederwasser werden noch die aussergewöhnlichen, durch besondere Veränderungen des Flussbettes oder durch anhaltende Trockenheit beobachteten niedersten Wasserstände aufgezeichnet, welche aber für die Schiffahrt, weil sie nur vorübergehende Erscheinungen sind, erst in zweiter Reihe in Betracht kommen.

Normalwasser. Das Normalwasser ist der gewöhnliche, unter gleichbleibenden Verhältnissen andauernde Wasserstand. Derselbe ermöglicht in der Regel der Schiffahrt einen ungestörten Betrieb.

Hochwasser. Unter Hochwasser werden jene grossen Wassermengen verstanden, welche über die Ufer des Flussbettes austreten und dessen angrenzende Gebiete überfluthen.

Das grösstmögliche Hochwasser eines Flusses ist vom Standpunkte des Schiffahrtsbetriebes deshalb nothwendig zu kennen, um die Landungsplätze, Kaimauern, Hafenanlagen und Magazine über den höchsten Stand desselben anlegen, die Strombrücken aber so hoch führen zu können, dass die Schiffe dieselben unterfahren können.

Leider ist es eine oft beobachtete Thatsache, dass auf vielen Flüssen sowohl die Niederwässer andauernder sind, als auch die Hochwässer schneller kommen und grösser werden, wodurch die festen Bauten, Kaianlagen und Ufer immer höher überschwemmt, die Durchfahrtshöhen der Brücken aber weniger ausreichend werden, so dass durch letztere der Schiffsverkehr auf gewissen Strecken zeitweilig ganz gesperrt wird.

Als Ursache dieser Erscheinungen sucht man die übermässigen Ausforstungen, die Trockenlegung von Sumpfgegenden im Flussgebiete, den Wegfall der natürlichen Sammelbecken eines Flusslaufes durch Regulirungsabbauten und die Wasserentnahme aus Bächen zu Bewässerungszwecken hinzustellen.

Neuere Forschungen im Donaugebiete haben indessen dargethan, dass die in den letzten Jahren beobachtete raschere Aufeinanderfolge der Donauhochfluthen mit immer steigender Wasserhöhe nicht allein auf die Waldzerstörungen, sondern auch auf eine zufällige Wechselwirkung atmosphärischer Erscheinungen zurückzuführen sei.

Auf die Niederwässer sind jedoch grosse Waldbestände jedenfalls von massgebendem Einflusse. Es geht dieses aus der Thatsache hervor, dass ausgedehnte Entwaldungen immer eine fühlbare Wasserarmuth der diese Gebiete durchziehenden Gerinne zur Folge haben, während dies bei grossem Forstbestande nicht der Fall ist. Ferner wird der Verlauf von Ueberfluthungen im Quellgebiete und in den sich daran anschliessenden Thälern durch grosse Forste immer günstig beeinflusst und geregelt.

Eine gute Wasserwirthschaft bedingt daher unstreitig die Erhaltung der Waldbestände, welche die Bodendecke vor Abschwemmung und dadurch die Wasserläufe und Thäler vor Verschotterung bewahren, im Frühjahre und im Sommer aber das Abschmelzen der dort abgelagerten Schneemassen verzögern und einen ruhigeren Wasserabfluss gewährleisten.

Die Höhe der Hochwässer über dem niedrigsten Wasserstande ist bei allen Flüssen verschieden. Die Herbsthochwässer der Donau betragen 5 bis

Digitized by Google

11 m über dem tiefsten Winterwasserstand. In den Jahren 1840 bis 1895 war der niedrigste Wasserstand am Orsovaer Pegel am 15. October 1865 0,26 m und der höchste am 17. April 1895 6,48 m über Null, somit ein Unterschied von 6,22 m. Bild 3 zeigt, dass während einer Dauer von 75 Jahren in der Donaustromenge Struden ein Unterschied von 14 m zwischen Tiefstand und Höchststand eingetreten ist. Von den Nebenflüssen der Donau, kann die Save 10 m, die Theiss 8 m steigen.

Der mittlere Rhein steigt bis 7 m, die Elbe 7 m, in Tetschen auch schon 11 m, während der bisher beobachtete grösste Unterschied zwischen niederstem und höchstem Wasserstande auf der mittleren Oder 5,70 m betrug.

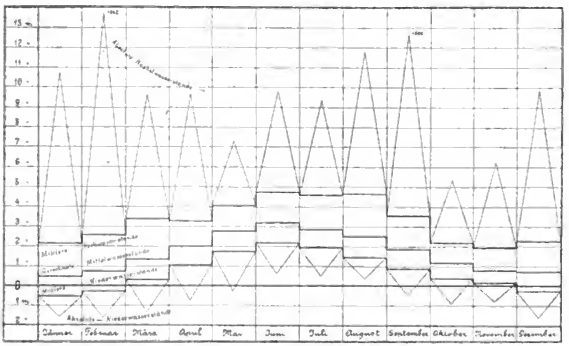


Bild 3. Nach 75jährigen Pegelaufschreibungen gerechnete Monatswasserstände der Donaustromenge Struden.

Die grössten Steigungen treten am Mississippi ein. Derselbe stieg 1883 bei der Einmündung des Ohio 16 m, welcher Fluthwelle eine Erhöhung des Wasserstandes bei New-Orleans von 5 m entsprach. Der Po und der Nil nehmen bis 10 m zu. Wenn der Nil in Cairo 7,50 m zunimmt, beträgt die Hochfluth 700 km oberhalb in Assouan 9 m.

Die Dauer der Nieder- und der Hochwässer sowie die Jahreszeiten, in welchen sie eintreten, ist ebenso ungleichmässig, und wird der Abfluss in einem Strome durch verschiedene Umstände beeinflusst. Schon Belgrand hat in seinen Untersuchungen über die Seine (La Seine, Paris 1873) nachgewiesen, dass auf den Abfluss von sehr erheblicher Einwirkung die geologische Gestaltung, sowie die von dieser abhängige grössere oder geringere Durchlässigkeit des Bodens ist.

Ferner ist das Verhalten eines aus dem Hochgebirgsgebiete gespeisten Wasserlaufes von jenem, dessen Zuflüsse aus dem Mittelgebirge oder Hügellande kommen, wesentlich verschieden. Während die Hochgebirgsflüsse im Winter und in das Frühjahr hinein niedrig sind, beginnt sich deren Gerinne Ende März in dem Maasse anzufüllen, als die Abschmelzung des

Digitized by Google

Schnees in dem Hochgebirge hinaufrückt, und erreicht, stetig zunehmend, den Höchststand im Juni. Dann geben starke Niederschläge, besonders Gewitterregen, Anlass zu unruhigen Wasserstandsschwankungen, welche bis zur Anschwellung in Folge der Herbstregen andauern. Nach Frosteintritt in dem Hochgebirge verhalten sich die Wasserstände wieder ruhig, worauf dann der niedrige Beharrungswasserstand des Winters eintritt. Für den Abflussvorgang der Gebirgsflüsse ist demnach die Wasserzurückhaltung der Schneefelder, Gletscher und Hochgebirgsseen bestimmend.[1] Die stärkste Wasserabgabe aus dem Hochgebirge stellt sich dann ein, wenn auf rauhe Frühjahrswitterung warme Sonnentage unvermittelt folgen, und zu dem im Abschmelzen begriffenen Spätschnee auf den Vorbergen die Schneeschmelze und das Abfliessen der Gletscher dazutritt. Diese Erscheinungen sind beispielsweise im Oberlaufe des Rheines zu beobachten, welcher von Zuflüssen aus dem Hochgebirge der Schweiz gespeist wird.

Der Oberlauf der Donau hat durch seine Alpenzuflüsse ein Winter- und ein Sommerniederwasser. Während des Winters sammeln sich die Niederschläge im Gebirge zu mächtigen Schneemassen, welche gefrieren und keine Wassermengen abgeben. Im Frühjahr tritt gewöhnlich Anfangs März die Schneeschmelze ein und es entsteht das Frühjahrshochwasser, welches, wenn die Donau noch mit Eisschollen bedeckt ist, von schweren Eisgängen begleitet wird. Unter dem Einflusse der Sonne erhält das Donauthal von den schmelzenden Schnee- und Eismassen im Gebirge seine regelmässige Speisung, das für die Schiffahrt günstige Normalwasser dauert sodann bis gegen Sommerende, worauf die eigentliche andauernde Niederwasserzeit der Herbst- und Wintermonate beginnt. Diese wird nur durch zeitweilige örtliche Niederschlagsmengen und durch das zumeist im September eintretende Herbsthochwasser unterbrochen. Das Herbsthochwasser tritt fast alljährlich als Folge der grossen Regen im Hauptthale der Donau und in den Thälern der Seitenflüsse ein und nimmt meist einen plötzlichen Verlauf. So schnell die Fluthwelle kommt, so rasch vergeht sie auch im Oberlaufe, während der Mittellauf schon genügende Breiten und Ueberschwemmungsgebiete hat, um das hier länger andauernde Hochwasser in seinen Wirkungen zu mildern.

Die Mittelgebirgsflüsse zeigen dagegen im Sommer vorwiegend niedrige Wasserstände und im Frühjahre und Herbste regelmässige Fluthanschwellungen. Nicht selten haben sie auch in der kalten Jahreszeit bei rasch eintretendem Thauwetter und starken Regenfällen Hochwässer.

Ebbe und Fluth. Ausser diesen durch die Zuflüsse und Niederschläge bedingten Veränderungen des Wasserstandes eines Flusses muss noch, wenn derselbe in das Meer mündet, der Einfluss der Ebbe und der Fluth in Betracht gezogen werden, durch deren Wechselerscheinungen die Wasserstände des Stromunterlaufes mannigfaltig beeinflusst werden.

Die von der See in die Mündung eintretende und sich im Flussbett landeinwärts bewegende Fluth ist ein Theil der Meeresfluthwelle. Hierdurch tritt im Strome täglich zweimal ein Steigen und Fallen des Wasserstandes ein.

Die Fluthperiode des Meeres, die Zeit zwischen dem Eintreten der zwei aufeinander folgenden höchsten und niedrigsten Wasserstände, dauert theoretisch

Digitized by Google

12 Stunden 25 Minuten und 14,16 Sekunden. Man nimmt an, dass die Meeresfluth und die Zeit ihres Eintrittes durch die gegenseitige Stellung und Entfernung von Sonne und Mond zur Erde beeinflusst wird. Die grosse Meereswelle, Springfluth, bildet sich zur Zeit des Vollmondes und des Neumondes. Wird diese durch Sturm gestaut, so entsteht die Sturmfluth. Zur Zeit des ersten und letzten Mondviertels tritt dagegen eine besonders schwache, die tote oder Nippfluth, ein.

Die Fluthgrösse oder der Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasserstand im offenen Meere konnte bisher nicht ermittelt werden. Jedenfalls ist sie an der Küste und in der Flussmündung kleiner als im Meere.

Um den Verlauf der Flutherscheinungen eines Mündungsgebietes zu erkennen, werden an einzelnen Orten desselben Fluthmesser aufgestellt, welche, ähnlich wie die selbstverzeichnenden Pegel, die Schwankungen des Wasserstandes aufzeichnen. Die Bewegungen eines linsenförmigen Schwimmers werden mit einem Zeichenstifte auf einen durch ein Uhrwerk gedrehten, mit der entsprechenden Zeiteintheilung versehenen Papierstreifen aufgetragen.

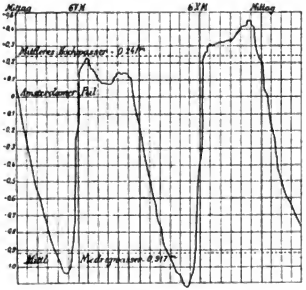


Bild 4. Fluthkurve.

Aus diesen Aufschreibungen werden für bestimmte Strecken die Fluthkurven dadurch bestimmt, dass man auf einer die Zeiten darstellenden Abscissenachse die zugehörigen Höhen der Fluth als Ordinaten aufträgt. (Bild 4) Diese Kurven geben das Bild der das Mündungsgebiet durchziehenden Fluth und Ebbe während eines bestimmten Zeitraumes und wird aus diesem dann der voraussichtliche Wasserstand bis nahe zur Fluthgrenze bestimmt.

Die Fortgangsgeschwindigkeit der Fluthwelle in der Mündung ist je nach dem Stromgefälle und der Gestaltung des Strombettes verschieden und wird auch vom Winde beeinflusst. In Hamburg wurde beispielsweise beobachtet, dass der Hochstand 4 Stunden 16 Minuten später eintritt, als in dem 100 km seewärts gelegenen Cuxhaven. Die Fortgangsgeschwindigkeit der Fluthwelle beträgt somit dort 6,5 m in der Sekunde.

Wasserstands-Beobachtungen. In den Kulturstaaten finden auf fast allen grösseren Flüssen regelmässige Wasserstandsbeobachtungen statt. Dieselben werden auch auf die kleineren Zuflüsse, mithin auf das ganze staatliche Wassernetz ausgedehnt und sind von grossem und allgemeinem Nutzen. Unentbehrlich für den Flussbau, sind sie sowohl für den Landwirth, als auch für den Schiffer von hoher Wichtigkeit.

Die Wasserstände werden an senkrecht in dem Strom oder an geneigt

Digitized by Google

auf der Uferböschung angebrachten, nach dem Metermaasse eingetheilten Pegeln abgelesen. Die hölzerne oder eiserne Pegellatte muss so aufgestellt werden, dass sie vor Beschädigungen geschützt ist und eine unbehinderte Ablesung gestattet.

Jeder Pegel ist in Centimeter und Decimeter über und unter einem Nullpunkte eingetheilt. Der Nullpunkt wird zumeist gleich der Spiegelhöhe des niedrigsten Sommerwasserstandes angenommen, seltener auf das Mittelwasser bezogen. Die über dem Nullpunkte stehenden Grade werden mit dem Zeichen +, die unter dem Nullpunkt stehenden mit dem Zeichen — bezeichnet.

Die Nullpunkte aller Pegel eines Flusses sollen womöglich zu gleicher Zeit für den gleichen Niederwasserstand bezeichnet und deren Höhen in der Nähe des Ufers durch feste Punkte unverrückbar bestimmt werden. Diese Fixpunkte, meist behauene Steine, sind deutlich durch Höhenbestimmung und Lagezeichnung zu kennzeichnen und die Höhenlage der Pegel-Nullpunkte immer wieder durch genauen Höhenmessungsvergleich mit den dazu gehörigen Fixpunkten zu überprüfen.

Die Wasserstandsbeobachtungen sollen zu bestimmten Tagesstunden, ferner bei allen grösseren Fluthwechseln, bei Gewitterregen und Eisgängen aber ununterbrochen erfolgen. Der Zeitpunkt des Eintrittes der Niederwässer, sowie des höchsten Hochwasserstandes muss verzeichnet und über alle Pegelablesungen eine Aufschreibung geführt werden.

Beispiel: Wasserstände in Centimetern am Pegel in Semlin
Pegel — Nullpunkt; Höhe:
Jahr: 1901. Monat: März.

Tag	+ —	Anmerkung
1	+ 147	heiter, Treibeis, — 5 ° R.
2	141	„ + 1 °
3	141	„ + 4 °
4	156	regnerisch + 6 °
5	170	Wind und trocken
6	140	„
7	115	„ kalt — 7 ° R.
8	85	„
9	60	zunehmende Temperatur + 7 °
10	40	sonnig + 10 °
11	20	Wind und trocken
12	10	
13	— 2	der tiefste Stand um 8 Uhr Abends
14	+ 4	Regen, Südwind + 13 ° R.

Pegelaufschreibungen und Pegelkurven. Aus diesen Aufschreibungen werden verschiedene Zusammenstellungen gemacht. Beispielsweise die täglichen Wasserstände aller wichtigeren Pegel für das ganze Jahr.

Digitized by Google

Wasserstände in Centimetern im Monate August 1897.

Tag	Donau											Drau		Theiss		Save			Tag
	Regensburg	Passau	Linz	Struden	Wien	Pozsony (Pressburg)	Gönyö	Budapest	Mohács	Zimony (Semlin)	Orsova	Barcs	Essegg	Szeged	Titel	Sissek	Brood	Mitrovitz	
1	310	810	475	1125	408	544	479	450	361	352	274	225	326	330	302	194	200	187	1
2	250	725	515	1180	477	608	534	509	427	355	271	210	330	342	317	138	215	193	2
3	194	565	420	1124	505	684	586	553	490	367	274	204	326	352	330	132	205	204	3
4	154	520	323	935	506	728	642	578	534	375	284	178	324	356	342	136	192	207	4
5	125	478	267	785	465	736	694	606	568	385	289	162	318	356	354	170	182	206	5
6	111	420	207	656	386	714	710	634	604	394	295	148	307	348	362	146	191	200	6
7	86	390	158	540	294	656	691	662	630	401	303	142	305	339	370	120	195	200	7

Das Mittel aus den monatlichen Wasserständen am Pegel in Wien (Praterkai) für das Jahr 1897.

Monat	cm
Jänner	— 199
Februar	+ 17
März	+ 1
April	— 10
Mai	+ 132
Juni	+ 132
Juli	+ 49
August	+ 209
September	+ 107
Oktober	— 54
November	— 147
Dezember	— 114
Jahresmittel	+ 10

Mittlerer Wasserstand des Jahres 1897 = + 10 cm.
Höchster Wasserstand am 3. August 1897 = + 505 cm.
Niedrigster Wasserstand am 31. Januar 1897 = — 218 cm.

Der Wechsel der Wasserstände wird durch bildliche Darstellung, graphisch, veranschaulicht. (Bild 5.) Die sich daraus ergebende Linie nennt man die Pegel- oder Wasserstandskurve.

Für das ganze Jahr werden die für die Schiffahrt wichtigsten Pegelkurven für den niedersten, gewöhnlichen und höchsten Wasserstand auch in der Art dargestellt, dass um einen gemeinsamen Mittelpunkt, der Tageszahl des betreffenden Monates entsprechende, Winkelgrössen aufgetragen und auf

Digitized by Google

deren Scheitel dann die dem Monate zukommenden Pegelhöhen bezeichnet und miteinander verbunden werden.

Voraussage der Hochwässer. Durch eine Reihe sorgfältiger Wasserstandsbeobachtungen ist es möglich, den Zusammenhang zu ermitteln, welcher zwischen der Häufigkeit und der Zeitdauer des Auftretens der verschiedenen Wasserstände bei einem Flusse besteht.

Werden solche Beobachtungen zahlreich und längs aller Zuflüsse eines Stromes gemacht, so kann man schliesslich das Steigen und das Fallen der

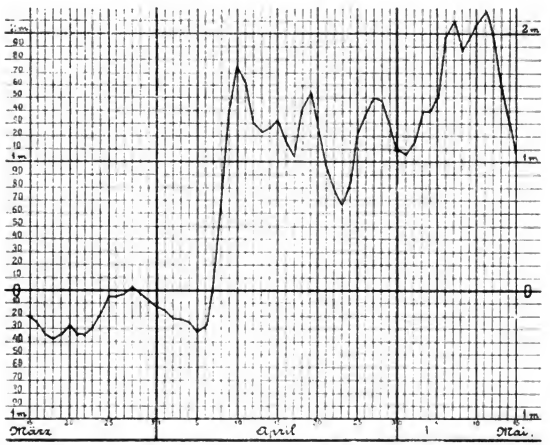


Bild 5. Wasserstands-Kurve über die Pegelstände in Wien, Praterkai, vom 15. März bis 15. Mai 1900.

einzelnen Fluthwellen vorausbestimmen, was für die wirthschaftlichen Verhältnisse eines Landes und für die Schiffahrt von ausserordentlichem Nutzen ist.

Zu solchen feineren Wasserstandsbeobachtungen dienen ausser den einfachen Pegeln die Schwimmerpegel, bei welchen eine an der Wasseroberfläche schwimmende Linse, auf der eine Stange befestigt ist, die Pegelhöhen mittels Zeigers auf ein Zifferblatt überträgt. Die sorgfältigsten Ablesungen ermöglichen jedoch die „selbstzeichnenden Pegel", bei welchen, so wie beim Fluthmesser, ein Schreibstift die wechselnden Pegelstände als Wasserstandskurve, nach den Zeiteinheiten geordnet, unmittelbar aufträgt.

Am gefährlichsten wird eine Fluthwelle, wenn gleichzeitig die Hochwässer des Hauptstromes mit jenen verschiedener Nebenflüsse zusammentreffen, wenn der Boden des Niederschlagsgebietes undurchlässig oder noch gefroren ist, oder wenn an einer Stromstelle Eisstopfungen entstehen.

Digitized by Google

Durch die Einrichtung eines ausgedehnten staatlichen Wasserbeobachtungsdienstes, welcher drahtlich oder mittels Fernsprecher alle Pegelbeobachtungen aus dem oberen Flussgebiete und aus den Zuflussthälern übermittelt, ist es möglich die Höhe und den Zeitpunkt des Eintreffens des Hochwassers im mittleren und unteren Flusslaufe mit einer gewissen Sicherheit vorher zu bestimmen und durch einen geregelten Nachrichtendienst zur allgemeinen Kenntnis zu bringen.

Für eine zuverlässige Vorherbestimmung der Hochwässer sind jedoch vieljährige Beobachtungen nicht nur über den Verlauf zahlreicher Fluthwellen, sondern auch über die Grösse und die Dauer der Niederschlagsmengen nothwendig. Da ausserdem die Hochwässer nicht nur eine Folge andauernder ausgedehnter Regengüsse sind, sondern auch der Schneeschmelze entstammen, so ist auch die Kenntnis der winterlichen Schneedecke von Wichtigkeit, weshalb an möglichst vielen Stellen deren Höhe und Wasserwerth bestimmt werden muss.

In Oesterreich und Ungarn, in Deutschland, Frankreich und den Vereinigten Staaten sind staatliche Einrichtungen zur Meldung der Hochwässer und der Eisgänge vorhanden.

Elbewasserdienst. Am durchdachtesten ist der von Harlacher geschaffene Hochwasserdienst für die Elbe, welcher das Eintreffen der Hochfluth für den oberen Lauf innerhalb 24 Stunden und für den Mittellauf, ab Dresden innerhalb 36 Stunden voraus bestimmt.

Die Wasserstandsvoraussagen auf der Elbe beschränken sich jedoch nicht nur auf die rechtzeitige Anmeldung der Hochfluthen, sondern es werden auf dieselben auch die Beladungen der Schiffe bezogen, was für die dortige Schiffahrt um so werthvoller ist, als sie dadurch die jeweilig sich ergebenden Fahrtiefen immer voll ausnützen kann. Während der Schiffahrt werden von 13 Hauptorten des Niederschlagsgebietes der oberen Elbe die voraussichtlich zu erwartenden Wasserstandshöhen an den einzelnen Umschlagplätzen mit einer derartigen Genauigkeit im vorhinein gemeldet, dass bei 96 Prozent der bisher gemachten Voraussagungen der Fehler die Grösse von 5 cm, bei 75 Prozent sogar das Mass von 2 cm nicht überstieg.

Ein derart gut eingerichteter Voraussagedienst trägt zur Regelung des Schiffahrtsverkehrs auf einem Flusse wesentlich bei.

In Schiffahrtskreisen werden auch die Erfolge dieses Dienstes in Böhmen in ihrem vollen Umfange gewürdigt und hervorgehoben, dass der Schiffahrt und den beim Umschlagsverkehr in Betracht kommenden Eisenbahnen durch die Voraussagen ein grosser Nutzen erwächst und die glatte Abwickelung des dortigen lebhaften Verkehrs möglich macht.

Digitized by Google

Donauwasserdienst. Die wichtigsten Pegelablesungen der Donau erfolgen.

Pegelort	Beobachtete Wasserstände				Als Grundlage der Hydrogradeintheilung für den Wasserwechsel				Wasserwechsel
	kleinste		grösste		kleinste		grösste		
	im Jahre	Höhe cm	im Jahre	Höhe cm	im Jahre	Höhe cm	im Jahre	Höhe cm	cm
Schärding	1889	— 8	1840	+ 769	1889	— 8	1840	+ 769	777
Passau	1845	— 58	1862	+ 965	1845	— 58	1882	+ 750	808
			1882	+ 750					
Linz	1891	— 148	1883	+ 482	1891	— 148	1883	+ 482	630
	1894	— 229							
Wien	1887	— 230	1876	+ 540	1887	— 230	1883	+ 482	712
	1894	— 288	1883	+ 482					
Pozsony (Pressburg)	1871	+ 23	1850	+ 982	1890	+ 68	1876	+ 612	544
	1890	+ 68	1876	+ 612					
	1891	+ 78							
Budapest	1889	+ 13	1838	+ 936	1889	+ 13	1876	+ 727	714
	1891	+ 45	1876	+ 767					
	1895	— 30	1876	+ 727					
Mohács	1889	+ 6	1891	+ 700	1889	+ 6	1895	+ 685	679
	1891	+ 53	1895	+ 685					
	1895	— 18							
Ujvidék (Neusatz)	1887	— 49	1876	+ 631	1889	— 25	1895	+ 619	644
	1889	— 25	1895	+ 619					
	1891	+ 27							
Zimony (Semlin)	1874	— 24	1876	+ 642	1889	+ 10	1895	+ 711	701
	1889	+ 10	1895	+ 711					
	1891	+ 9							
Orsova	1889	+ 28	1888	+ 640	1889	+ 28	1895	+ 648	620
	1891	+ 68	1895	+ 648					
	1898	— 52							

Auf der in Ungarn, auf Grund der drahtlich einlaufenden Pegelbeobachtungen des Donaugebietes täglich angefertigten Karte (Bild 6) sind nicht nur die Hochwässer, die Niederschlagsmengen und die zu erwartenden Wasserstände verzeichnet, sondern auch die jeweiligen Fahrtiefen, Eisgänge und Wärmeverhältnisse bemerkt.

Auf der Karte wird die Höhe des Niederschlages durch schwarze Linien (Isohyëten) zur Anschauung gebracht.

Die Höhe des Schnees ist mit Nummern in schwarzen Ringen nach Centimetern angegeben.

Die Wasserstände sind mittels rother, den Flussläufen entlang gezogener paralleler Linien, ausgedrückt; jede Linie bezeichnet einen Grad des Wasserstandes. Bei beiläufig 6 Linien tritt das Wasser aus dem Bette.

Die Höhe des Wasserstandes wird nach „Hydrograden" zur Darstellung gebracht, wobei ein Grad den zehnten Theil des Höhenunterschiedes zwischen dem höchsten und niedersten Wasserstand bedeutet.

Digitized by Google

Die Wasserhöhen von über 5 Grade werden mit stärkeren Linien, die Wasserstände von über 10 Hydrograde mit wellenförmigen Linien verzeichnet.

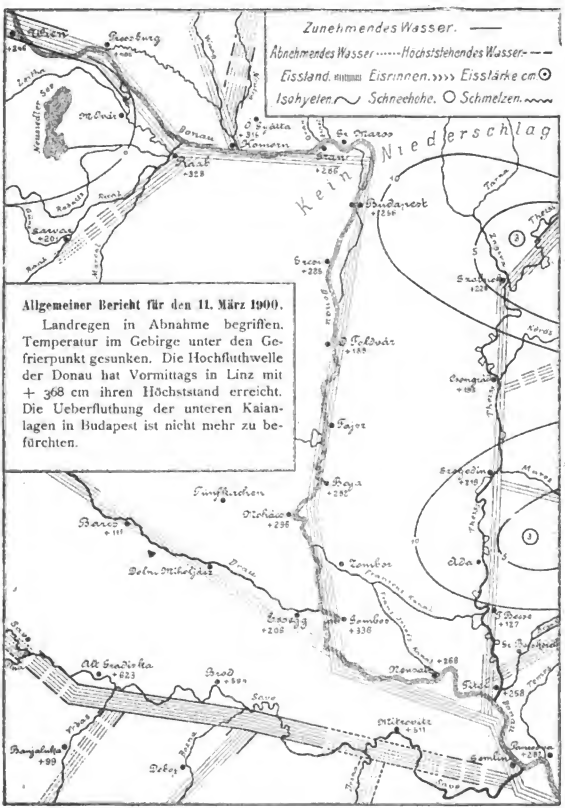


Bild 6. Wasserstands-Nachrichtendienst in Ungarn.

Zunehmendes Wasser wird mit vollen, höchststehendes mit unterbrochenen und abnehmendes mit punktirten Linien zur Darstellung gebracht.

Digitized by Google

Die am Pegel abgelesenen Wasserstände nach Centimetern sind neben der Pegelstation roth eingeschrieben.

Quer durchstrichene Linien weisen auf stehendes, keilförmig durch strichene hingegen auf rinnendes Eis hin. Die in rothen Ringen stehenden Zahlen bezeichnen die Stärke der Eisdecke in Centimetern.

Die Angaben über die Niederschläge beziehen sich auf die letztvergangenen 24 Stunden, diejenigen der Wasserstands- und Eisverhältnisse hingegen auf den Zustand am Berichttage morgens.

Wesentlich schwieriger als für diesen mittleren Donaulauf gestaltet sich der Hochwasserdienst für die österreichische Donaustrecke, dessen Regelung Lauda in die Hand genommen hat. Das unter seiner Leitung stehende hydrographische Central-Bureau verfasst sorgfältig gearbeitete Wasserstandsnachrichten, welche werthvolle Behelfe für das Donauthal enthalten.

Die Donau von ihrem Ursprunge bis unterhalb Wien hat ein Niederschlagsgebiet, das zum grösseren Theile im Hoch- und Mittelgebirge liegt. Penk unterzog einige Alpenzuflüsse und Mittelgebirgsflüsse einer Untersuchung und fand bei den

	Niederschlagshöhe	Abflusshöhe	Abflusshöhe des Niederschlages
Alpenflüssen	1510 mm	800 mm	d. i. 53 %
Mittelgebirgsflüssen	701 „	210 „	„ 30 %
Ebenenflüssen	581 „	120 „	„ 21 %

Diese Werthe beweisen die Thatsache, dass mit der Höhe des Niederschlagsgebietes nicht nur die Niederschlagsmenge, sondern auch deren Abfluss steigt, dass somit das gebirgige Niederschlagsgebiet der Donau auf die Verfassung derselben einen grossen Einfluss hat.

Die österreichische Donaustrecke ist auch als Alpengewässer dadurch gekennzeichnet, dass häufige Regen ein rasches Ansteigen mit ebenso raschem Sinken des Stromes verursachen. Diese der Donau eigenthümliche Empfindlichkeit für Niederschläge in den Alpen, sowie die grossen Wassermassen, welche der Donau durch die Schmelze der im Hochgebirge aufgespeicherten Mengen von Schnee und Gletschereis in dem stark geneigten Gerinne des Stromes zufliessen, machen eine rechtzeitige genaue Voraussage der Hochwässer sehr schwierig, weil nicht nur die Niederschläge, sondern auch die Witterungsverhältnisse der Alpen, welche ja bekanntlich sehr schwankend sind, die Donauwasserstände überwiegend beeinflussen. Hierdurch erklären sich auch die in der oberen Donau herrschenden ausserordentlich veränderlichen Wasserstände.

Die grösseren Hochwässer der Donau fallen in die Monate August und September, die grössten Niederwässer in den Oktober und November, während in den Monaten Dezember, Jänner und Februar die Vereisung des Zuflussgebietes in den Alpen, daher der Tiefstand der Donauwasserstände eintritt. Die Monate Mai, Juni, Juli haben andauernd mittlere Wasserstände, welche Erscheinung sich zum grossen Theil von der Wasserabgabe aus den Eis- und Schneefeldern der Alpen erklärt.

Digitized by Google

Bild 7 zeigt die Zeitdauer in Stunden für den mittleren Verlauf einiger Hochwasser- und Niederwasserfluthen der oberen Donaustrecke bis Wien.

Wenn die Dauer und Mengen der im Donaugebiete gefallenen Regen und das damit häufig zusammentreffende Abschmelzen der in den Alpen aufgespeicherten Schneemassen die Vorbedingung zur Entstehung der Donauhochwässer bilden, so sind dagegen auf deren Verlauf verschiedene Umstände massgebend, die sich allgemein in folgenden Sätzen zusammenfassen lassen:

Die Höhe der Hochwasserstände wird im Durchflussprofile durch die natürlichen oder künstlichen Einengungen desselben vergrössert.

Die Hochwässer werden um so höher, wenn das Niederschlagsgebiet vor dem Regen schon durchnässt war.

Die grössten Fluthöhen entstehen beim Zusammentreffen der Donaufluthwelle mit Hochständen aus den Seitenflüssen.

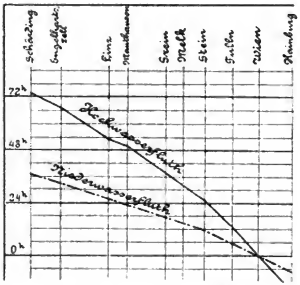


Bild 7. Zeitdauer von Donaufluthwellen.

Oertlich wird die Welle endlich auch von einem sie aufstauenden starken Gegenwinde beeinflusst.

In folgender Tabelle ist nach 10jährigen Ermittelungen der Schiffahrtsabtheilung der Ersten K. K. pr. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft die Abflussdauer von Fluthwellen im Donaugebiete zusammengestellt:

Donaustrecken:	Entfernung in km	Abflussdauer der Fluthwelle		Geschwindigkeit der Fluthwelle in km pro
		Tage	Stunden	Stunde
Passau bis Linz	92	.	16	5,75
Linz „ Wien	209	1	10	6,15
Wien „ Pozsony (Pressburg)	61	.	9	6,78
Pozsony „ Gönyö	86	.	18	4,78
Gönyö „ Budapest	144	1	10	4,24
Budapest „ Draumündung	290	3	15	3,33
Draumündung „ Savemündung (Zimony)	214	3	1	2,93
Zimony „ Drenkova	160	2	6	2,96
Drenkova „ Orsova (Katarakte)	62	.	8	7,75
Passau bis Orsova	1318	13	21	3,96
Drau Essegg bis Draumündung	20	.	5	4,00
Drau Essegg „ Orsova	456	5	19	3,28

Digitized by Google

Donaustrecken:		Entfernung in km	Abflussdauer der Fluthwelle		Geschwindigkeit der Fluthwelle in km pro
			Tage	Stunden	Stunde
Theiss	Szeged bis Zimony	217	2	20	3,19
	Szeged „ Orsova	439	5	10	3,38
Save	Sissek bis Savemündung	603	6	—	4,19
	Sissek „ Orsova	822	8	14	3,99

Für kleinere Fluthwellen hat sich die Erfahrungsregel ergeben, dass, wenn das Normalwasser seinen Beharrungszustand erreicht hat, sich die Fluthwelle derart fortpflanzt, dass die Pegelstände der unteren Stationen folgende Procentsätze von einem oberhalb liegenden Pegelorte bekommen, und zwar:

Von einer Pegelablesung in

Wien	gelangen	nach	Zimony,	795 km	30 %
Mohács	„	„	„	293 „	45 %
Essegg (Drau)	„	„	„	234 „	10 %
Szeged (Theiss)	„	„	„	217 „	18 %
Sissek (Save)	„	„	„	603 „	8 %

Von einer Pegelablesung in Zimony gelangen nach Orsova (oberhalb des Eisernen Thores), 222 km,

bei Orsova-Pegel	+ 379 cm	aufwärts . .	50 %
„	von + 285	bis 379 cm . .	70 %
„	„ + 190	„ 285 „ . .	100 %

Von T. Severin (unterhalb des Eisernen Thores) kommen nach Giurgevo, 433 km . . . . . 25 %
und von T. Severin nach Galaz, 772 km . . . 20 %.

Diese Ermittelungen gründen sich nur auf den Abfluss der gewöhnlichen und kurzen Anschwellungen, deren Verlauf darum leicht und auf grössere Entfernungen hin zu beurtheilen ist, weil sie, durch Hochwässer einzelner Seitenflüsse bewirkt, nicht in das Ueberschwemmungsgebiet austreten, sondern sich im Strombette selbst unbehindert weiterbewegen.

Ein Beispiel einer kurzen Anschwellung ist im Bilde 8 dargestellt. Klunzinger hat die Einwirkung dieser am 28. August 1890 in Passau eingetretenen Fluthwelle bis Orsova auf 1320 km Stromlänge nachweisen können. Dieselbe wurde durch ein Hochwasser des Innflusses veranlasst, traf in der Donau bis Wien einen mittleren Wasserstand und ab Wien ein sehr kleines Spätsommerwasser, daher ihr Verlauf ein unbehinderter und rascher war. Sie erhielt durch Zunahme der Breite des Bettes eine stetige Verflachung stromabwärts und verlief regelmässig. Die Durchlaufzeit für die ganze Strecke betrug 12,5 Tage, somit ihre Geschwindigkeit $\frac{1{,}320{,}000 \text{ m}}{1{,}080{,}000 \text{ “}} = 1{,}22$ m in der Sekunde.

Digitized by Google

Dieser ersten Fluthwelle folgte in einem kurzen Zeitraume von 3 Tagen eine zweite viel bedeutendere Anschwellung im Donauthale selbst, welche, weil sie die Ufer überfluthete und in ihrem Abflusse verzögert wurde, trotz ihrer grösseren anfänglichen Geschwindigkeit erst nach 22 Tagen oder mit einer mittleren Geschwindigkeit von nur 0,70 m in der Sekunde in Orsova eintraf. Die Abflussdauer derartiger Hochwässer kann daher auf grössere Entfernungen nicht so einfach als jene der gewöhnlichen Fluthwellen bestimmt werden.

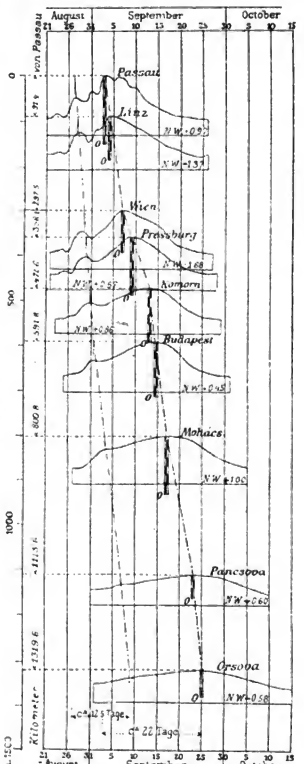


Bild 8. Hochwasserstände der Donau im Jahre 1890 in der Strecke Passau-Orsova.

Wasserdienst in Frankreich. Die Verhältnisse der französischen Flüsse Seine und Loire sind ähnlich schwierige, wie jene der oberen Donau. Trotzdem war es möglich, auch auf diesen einen vorzüglichen Wassermeldedienst zu schaffen, welcher für die dortige Schiffahrt von grossem Nutzen ist.

Die Voraussage der Hochwässer der Seine hat Belgrand, jene der Loire Guillemain ausgearbeitet.

Abschwächung der Hochwässer. Zu erwähnen ist noch, dass der Abfluss der Hochwässer durch Schaffung grosser Sammelbecken, Deichanlagen und Ueberfluthungsgebiete regulirt und in seiner Wirkung gemildert werden kann.

Solche Werke wurden beispielsweise in Frankreich und am Mississippi mit Erfolg angelegt. Die durch Dammanlagen geschaffenen Ueberfluthungsgebiete für die Hochwässer der Theiss und der dortige ausgezeichnet geregelte Dienst sind bekannt.

Sammelbecken geben auch die Möglichkeit, einem Flusse zur Zeit des Niederwassers bestimmte Wassermengen zuführen zu können. Man unter

Digitized by Google

scheidet deshalb Sammelbecken für Hochwässer und solche für Niederwässer.

Wassermenge und deren Messung. Die Anzahl der Kubikmeter Wasser, welche während einer Sekunde durch einen in den Strom gelegten Querschnitt durchfliessen, nennt man dessen Wassermenge.

Die Bestimmung der Wassermenge erfolgt bei grösseren Wasserläufen und Flüssen auf Grundlage genauer Geschwindigkeitsmessungen im Wasserquerschnitt derselben und bei Quellen und kleineren Bächen durch unmittelbare Messung.

Die sekundliche Wassermenge ist von der Form und vom Flächeninhalt des Durchflussquerschnittes, von der Stromgeschwindigkeit und, weil der Flächeninhalt des Querschnittes mit steigendem oder fallendem Wasser grösser oder kleiner wird, vom Wasserstande abhängig.

Verschiedene Messungen haben jedoch ergeben, dass durch einen und denselben Querschnitt, wenn der Wasserstand im Beharrungszustande ist, gleiche Wassermengen, bei steigendem Wasserstande jedoch mehr und bei sinkendem Wasserstande weniger als während des Beharrungszustandes durchfliessen. Die Ursache dieser Erscheinung, welche übrigens bisher nur bei kurzen Fluthwellen nachgewiesen werden konnte, liegt darin, dass das Gefälle des steigenden Wasserspiegels grösser, des fallenden aber kleiner als jenes des Beharrungswasserstandes ist.

Die Wassermengen für das Niederwasser und für das Mittelwasser können, weil deren Querschnitte scharf begrenzt sind, genau ermittelt werden. Die Berechnung der sekundlichen Wassermenge der Hochwässer ist jedoch, weil die Querprofile sehr gross und die verschiedenen darin vorkommenden Geschwindigkeiten nicht scharf bestimmt werden können, oft ungenau.

Zur Beurtheilung des Wasserreichthums eines Flusses nimmt man stets die auf seinen gewöhnlichen Wasserstand bezogene Wassermenge. Es ist klar, dass je nach den Wasserständen die Unterschiede der durchfliessenden Menge sehr grosse sind. Die mächtigen Ströme führen bei Hochwasser bis über 50 mal so viel Wasser als bei Niederwasser.

Wassermengen der Donau, des Rheines, der Elbe und Oder. Die Wassermenge der Donau bei dem höchsten bisher beobachteten Wasserstande im Jahre 1899 von + 5,66 m am Pegel der Reichsbrücke in Wien betrug 10 100 cbm, die gleichzeitige Wasserführung des Nebenarmes der Donau, des Donaukanals, 386 cbm, daher die gesammte Wassermenge der Donau nächst Wien bei Höchstwasser sich auf 10 486 cbm in der Sekunde beläuft.

Die Wasserführung bei bordvollem Mittelwasser, einem Pegelstande von + 220 an der Reichsbrücke, beträgt 3667 cbm, mit der gleichzeitigen Wassermenge im Donaukanale von 126 cbm zusammen 3793 cbm in der Sekunde.

Die Wasserführung bei Nullwasserstand am Reichsbrückenpegel beträgt 1550 cbm. Jene des längstandauernden Niedrigwasserstandes während der Schiffahrtszeit 1898 bei — 135 am Pegel der Reichsbrücke zeigte 735 cbm, die gleichzeitige Wasserführung im Kanale von 80 cbm, daher zusammen 815 cbm in der Sekunde.

Digitized by Google

Die Wassermenge der Donau bei dem niedrigsten bisher beobachteten Wasserstande vom 7. Jänner 1894 bei — 288 am Pegel der Reichsbrücke betrechnete sich auf 200 cbm, zusammen mit der im Kanale gleichzeitig abgeflossenen Menge von 45 cbm auf 245 cbm.

Die bei Orsova bisher beobachtete kleinste Wassermenge betrug 1680, die grösste 17000 cbm.

Die Wasserführung des Rheins betrug nach den Messungen bei Diersheim, unterhalb der Illmündung, bei Hochwasser 4500 cbm, bei Mittelwasser 1000 cbm und bei Niederwasser 550 cbm.

Die sekundliche Abflussmenge des Bodensees in den Rhein bei Konstanz beträgt nach Honsell bei niedrigstem Wasserstande 20 cbm, bei Mittelwasser 300 cbm und bei höchstem Wasserstande 1100 cbm.

Die geringste Wasserführung der Elbe beziffert sich unterhalb Leitmeritz auf 49 cbm, die Niederwassermenge, — 1,28 am Dresdener Pegel, bei Torgau auf 75, bei Magdeburg auf 240 und bei Lauenburg auf 330 cbm. Noch niedrigere Wasserführungen wurden bei Tetschen mit 60 und bei Magdeburg mit 120 cbm beobachtet. Bei Torgau beträgt dagegen die sekundliche Wasserführung bei Mittelwasser 200 und bei Hochwasser 1400 cbm.

Die sekundlichen Wasserführungen der Oder betragen unterhalb der Glatzer Neisse (km 181,3) 50 cbm bei Nieder-, 160 cbm bei Mittel- und 1370 cbm bei Hochwasser; zwischen Bartsch und Obrzycks (km 378,1 bis 469,4) 70 cbm bei Nieder-, 210 cbm bei Mittel- und 3000 cbm bei Hochwasser. Zwischen dem Obrzycks und dem Bober (km 469 bis 514) 210 cbm bei Mittel- und 2400 bei Hochwasser; zwischen dem Bober und der Lausitzer Neisse (km 514 bis 542) 105 cbm bei Nieder-, 255 bei Mittel- und 1860 cbm bei Hochwasser; zwischen der Lausitzer Neisse und Warthe (km 542 bis 617) 115 cbm bei Nieder- und 1750 cbm bei Hochwasser; unterhalb der Warthe (km 617) 215 cbm bei Nieder- und 3600 cbm bei Hochwasser.

Gefälle. Das Gefälle des Wasserspiegels ist durch die Gestaltung des Flussbettes und Flussthales bedingt. Das Gefälle ist in der Regel am grössten im Oberlaufe, im Mittellaufe grösser als im Unterlaufe, während die Strommündung das flachste Gefälle aufweist.

Man unterscheidet ein absolutes Gefälle, den Höhenunterschied zwischen zwei bestimmten Punkten des Längenprofiles, und ein relatives Gefälle, das Verhältnis des Höhenunterschiedes als Einheit zur wagerechten Entfernung dieser zwei Punkte. Letzteres wird entweder in Bruchform ausgedrückt, wie $\frac{1}{2500}$ und 1 : 2500 oder in Metern auf einen Kilometer, wie 0,4 m auf 1 km = 0,4 pro mille.

Das Gefälle an derselben Stelle ist bei zunehmendem Wasserstande um ein Geringes grösser als bei abnehmendem. In engen Flussstrecken ist das Gefälle oft stärker als in den Stromerweiterungen. Auf einigen engeren Stromstrecken der österreichischen Donau ist jedoch das Gegentheil der Fall.

Bei Hochwasser ändert sich dieses Verhältniss und es kann, je nach der Bildung des Flussthales, das Gefälle bei Niederwasser grösser oder auch kleiner als bei Hochwasser sein.

Das Oberflächengefälle folgt dem Sohlengefälle nahezu vollkommen; dort wo Geschiebeablagerungen im Strombette sind, zeigen sich

Digitized by Google

jedoch Verschiedenheiten und wird nach der Lage, Höhe und Ausdehnung dieser Sandbänke das Gefälle streckenweise bald grösser, bald geringer.

Vor Stromspaltungen ist das Gefälle kleiner, weshalb sich auch dort grössere Schotterablagerungen bilden.

Gefälle der Donau, des Rheines, der Elbe und Oder. (Gefälle der Donau siehe auch Seite 68 bis 74.)

Nach den Ermittelungen der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft beträgt das relative Gefälle der einzelnen Donaustrecken und der schiffbaren Nebenflüsse derselben:

Strecken	Gefälle in Metern auf je 1000 m	Relatives Gefälle
Ulm-Donauwörth	0,9052	0,0009052
Donauwörth-Regensburg	0,5431	0,0005431
Regensburg-Passau	0,2501	0,0002501
Passau-Wien	0,3860	0,0003860
Wien-Gönyö	0,3194	0,0003194
Gönyö-Budapest	0,0698	0,0000698
Budapest-Draumündung	0,0655	0,0000655
Draumündung-Theissmündung	0,0528	0,0000528
Theissmündung-Drenkova (Kataraktenbeginn)	0,0552	0,0000552
Eisernes-Thor bis zum Meere (Sulina)	0,0390	0,0000390
Drau von Barcs bis Essegg	0,1513	0,0001513
Save von Sissek bis Belgrad	0,0418	0,0000418
Theiss von Nämeny-Tokaj	0,0607	0,0000607
„ „ Tokaj-Szolnok	0,0537	0,0000537
„ „ Szolnok-Szeged	0,0304	0,0000304
„ „ Szeged-Theissmündung	0,0219	0,0000219

Das Gefälle des Mündungsgebietes der Donau von Galaz bis Sulina beträgt:

Galaz-Tultscha 77,9 km Entfernung 1,615 m Gefälle
daher auf 1 Kilometer 0,0207 m „
Tultscha-Tschatal-St. Georg 11,2 km Entfernung 0,305 m „
daher auf 1 Kilometer 0,0273 m „
St. Georg-Gorgova 26,9 km Entfernung 0,914 m „
daher auf 1 Kilometer 0,0345 m „
Gorgova-Sulina 54,7 km Entfernung 1,143 m „
daher auf 1 Kilometer 0,0209 m „

Das Gefälle des Rheins beträgt von Basel bis Strassburg auf 129 km 1 : 1250, von Strassburg bis Mannheim auf 133 km 1 : 2840, von Mannheim bis Ruhrort auf 351 km 1 : 5220 und von Ruhrort bis Rotterdam auf 241 km 1 : 9390. Das Gefälle beträgt insbesondere bei Bingen-Bacharach 1 : 2060, Bacharach-St. Goar 1 : 2880, Boppard 1 : 4100, Coblenz 1 : 4800, Bonn 1 : 4600,

Digitized by Google

Bonn-Köln 1 : 4430, Düsseldorf 1 : 5100, Ruhrort 1 : 6000, Wesel 1 : 6400, Emmerich 1 : 9000 und Emmerich bis Holland 1 : 9600.

Das Gefälle der oberen Elbe von der Quelle in Elbbrunnen (1396,6 m) bis Melnik (156,4 m) beträgt auf 307 km 1240 m oder im Mittel 1 : 2500, von Melnik bis Tetschen auf eine Länge von 96 km 33 m oder 1 : 2950.

Der zweite Stromabschnitt von Tetschen bis Barby hat ein Gefälle von 74 m auf eine Stromlänge von 304 km oder im Mittel 1 : 4110. Dasselbe vertheilt sich in den 139 km langen Lauf von Tetschen bis Mühlberg auf 38 m oder 1 : 3660 und in der 165 km langen Strecke von Mühlberg bis Barby auf 36 m oder 1 : 4580.

Der dritte Stromabschnitt hat von Barby über Magdeburg bis Hitzacker auf eine Länge von 229 km ein Gefälle von 40 m oder im Mittel 1 : 6000.

Der unterste Stromabschnitt ist von Hitzacker bis zur Mündung 204 km lang und hat bis Geesthacht auf 63 km ein Gefälle von 7 m oder im Mittel 1 : 9000. Von der Mündung bis oberhalb Hamburg und bei mittlerem Sommerwasserstande bis Geesthacht reicht der Einfluss der Fluth. Bei der Ebbe findet ein Gefälle flussabwärts, bei der Fluth flussaufwärts statt. Bei Hamburg beträgt dieses Gefälle während der Ebbe zum Meere hin 1 : 15000, bei der Fluth in entgegengesetzter Richtung 1 : 300000.

Nach Bellingrath hat die Elbe folgende Gefälls- und Stromverhältnisse:

Bezeichnung der Orte	Entfernung von Hamburg	Höhenlage des Wasserspiegels über Null zu Hamburg [1]		Durchschnittliches relatives Gefälle	Wassermengen bei — 1,28 m Dresdner Pegel	Wassermengen bei bekanntem niedr. Wasserstande	Geringste Tauchtiefen bei niedrigstem Wasserstande	Die dem Strome gegebenen Normalbreiten	Unterschied zwischen höchstem und niedrigstem Wasserstande
	km	m			cbm	cbm	cm	m	m
Prag a. d. Moldau	777								
Melnik a. d. Elbe	725	159.16						104	
Aussig	655	136,10		0,000329				114	
Tetschen	630	125.07		0,000441		46	54		11,20
Deutsche Grenze	620	122.72	120.94	0,000335			59	113	
Dresden	565		107.71	0,000241			60	113	7,40
Riesa	513		93.34	0,000277			65	113	
Torgau	466		80.90	0,000265	75	57	65	100	6,59
Elster, unterhalb der Elstermündung	421		70.85	0,000223			68	110-130	
Wallwitzhafen, unterhalb der Muldemündung	360		58.13	0,000208			75	150	
Barby, unterhalb der Saalemündung	329		52.22	0,000191			70	170	6,07
Magdeburg	293		45.24	0,000194	240	110	82	170	
Unterhalb Havelmündung	189		25.64	0,000188			80	226	
Wittenberge	165		22.14	0,000146			100	245	6,19
Lenzen	135		18,03	0,000137			100	245	6,41
Lauenburg	50		7,52	0,000124	330	135	90	289	6,38
Sevemündung	13	Fluth 5,20 Ebbe 4,17		0,000063 bis 0,000091			100	313	5,39

[1] Gemessen bei Niederwasser von — 1,28 Dresdener und + 1,06 Magdeburger Pegel.

Digitized by Google

Bezüglich der in umstehender Zusammenstellung angeführten Gefällsverhältnisse ist zu bemerken, dass einzelne Gefälle, auf kurzen Strecken gemessen, von den für lange Strecken angegebenen Durchschnittsgefällen, wie überall, bedeutend abweichen. So finden sich bei Niederwasser Einzelgefälle: zwischen Aussig und Tetschen von 0,001990, zwischen Tetschen und der deutschen Grenze von 0,001410 und 0,001350, zwischen der deutschen Grenze und Dresden von 0,000970 und 0,001240, zwischen Dresden und Riesa von 0,001290, 0,001950, 0,001120, 0,001070, 0,001180 und 0,001010 und zwischen Riesa und Torgau von 0,000550 und 0,000480, während von da ab thalwärts erhebliche Abweichungen vom Durchschnittsgefälle nicht mehr vorkommen.

Das relative Gefälle der Oder von Ratibor (180,4 m Wasserspiegelhöhe) bis Kosel (168,9 m) beträgt auf 48 km Stromlänge 0,000240.

Von Kosel abwärts bis zur Neissemündung ist die Oder kanalisirt. Von Kosel bis Breslau beträgt die Stromlänge 162 km, das Gefälle unterhalb der kanalisirten Strecke 0,000270. Das Gefälle der Oder von Breslau bis Stettin auf 492 km wechselt von 0,000317 bis 0,000029 und ist im Mündungsgebiete von den Gezeiten beeinflusst.

Gefälls- und Stromverhältnisse der Oder:

Bezeichnung der Orte	Entfernung von Stettin	Höhenlage des Wasserspiegels über Normalnull	Durchschnittliches relatives Gefälle	Geringste Tauchtiefen bei niedrigstem Wasserstande	Normalbreiten	Schleusen
Breslau . . .	492	112,49	0,000317	0,75	53	Die Schleusen für Breslau, Ohlau, Brieg und die 12 Staustufen von der Neisse aufwärts bis Kosel haben 9,6 m Breite.
Aufhalt . . .	431	93,14	0,000282	0,75	54	
Glogau . . .	356	71,98	0,000276	0,75	54	
Neusalz . . .	319	61,76	0,000259	0,80	65 u. 70	
Krossen . . .	234	39,71	0,000271	0,90	90	
Frankfurt . .	164	20,70	0,000269	1,00	94	
Küstrin . . .	133	12,37	0,000185	1,30	132	
Hohensaaten .	80	2,57	0,000029	1,80	132 u. mehr	
Stettin . . .	0	0,48				

Stromgeschwindigkeit. Die Stromgeschwindigkeit oder die Strömung ist in erster Linie vom Gefälle, dann von der Form und Grösse des Flussquerschnittes und endlich vom Wasserstande abhängig. Dieselbe wechselt daher mit jeder Stromstrecke und jedem Wasserstande. Sie ist vor Eintritt der höchsten Fluthwelle am grössten, kann jedoch bei niedrigerem Wasserstande auch grösser als bei höherem sein.

Die Stromgeschwindigkeit ist im Oberlaufe in der Regel dem grösseren Gefälle entsprechend stärker als im Mittellaufe; an der Flussmündung nicht nur wegen des geringen Gefälles, sondern auch wegen der vom Meere aus erzeugten Stauung am geringsten und je nach der Fluth und Ebbe wechselnd.

Stromstrich. Derjenige Theil der Wasserfläche, welcher in einer bestimmten Stromstrecke die grösste Strömung hat, heisst der Stromstrich.

Digitized by Google

Der Stromstrich folgt bei niederem Wasserstande der grössten Wassertiefe, der Fahrrinne oder Fahrbahn, bei höherem Wasserstande zieht er jedoch oft von einem zum anderen Ufer ohne Rücksicht auf die Wassertiefe.

In gekrümmten Strecken geht die Strömung nahe dem einbiegenden Ufer, in geraderen Strecken nahe der Strommitte.

Die zumeist schlangenförmige Linie des Stromstriches theilt sich bei den durch Sandbänke oder Inseln gebildeten Stromspaltungen in verschiedene Richtungen, welche sich nach den Spaltungen wieder zu einer Linie vereinigen.

Strömung der Donau, des Rheines, der Elbe und Oder. Die vom k. k. hydrographischen Amte im Profile der Franz-Josefsbrücke im Donaudurchstiche bei Wien gemessenen Stromgeschwindigkeiten der Donau betrugen bei dem höchsten bisher beobachteten Hochwasser vom Jahre 1899 + 5,66 m Reichsbrückenpegel, 3,00 m in der Sekunde, bei Mittelwasser + 2,20 m R.-P. 2,22 m und bei Nullwasser 1,70 m in der Sekunde, bei Niedrigwasser — 1,35 m R.-P. 1,30 m in der Sekunde und bei dem bisher beobachteten niedrigsten Wasserstande im Jänner 1894 von — 2,88 m R.-P. 1,00 m in der Sekunde.

Die Stromgeschwindigkeiten der einzelnen Donaustrecken siehe S. 68 bis 74.

Der Rhein hat bei Mittelwasser im Bingerloch 3,42 m, bei Koblenz 1,90 m und bei Mannheim 1,50 m in der Sekunde.

Die Stromgeschwindigkeit der Elbe bei Hochwasser, +2,00 m Dresdener und + 4,50 m Magdeburger Pegel, hat Stellen mit 3,00 m, bei gewöhnlichem Wasserstande 0,50 bis 1,50 m in der Sekunde.

Die mittlere Stromgeschwindigkeit der Oder beträgt streckenweise bei Niederwasser 0,50 bis 0,65 m, bei Mittelwasser 1,00 und bei Hochwasser 1,80 m in der Sekunde.

Stromgeschwindigkeitsmessungen. Zum Messen der Stromgeschwindigkeit auf der Wasserfläche, der Oberflächengeschwindigkeit, dienen Schwimmer, zu denen kleinere schwimmende Gegenstände, am besten blecherne Schwimmkugeln oder Flaschen benützt werden, die zur Hälfte mit Wasser gefüllt, gut verkorkt und, um sie leicht bemerkbar zu machen, mit kleinen Fähnchen versehen sind.

Bild 9. Tiefenschwimmer.

Damit ein genaues Messungsergebnis erzielt werde, ist es nothwendig, den vom Schwimmer zurückzulegenden Stromweg möglichst lang zu wählen und am Ufer oder im Thalwege genau abzumessen, zu gleicher Zeit aber mehrere Schwimmer abgehen zu lassen und das Durchschwimmen derselben durch die einzelnen Entfernungen mittels Peilung und Sekundenuhr zu bestimmen.

Zum Messen der Geschwindigkeit unter der Oberfläche des Wassers, Tiefengeschwindigkeit, dient der Tiefenschwimmer, welcher aus einem hohlen Schwimmkörper besteht, der solange belastet wird, bis er in die zu messende Tiefe einsinkt. Derselbe wird nun mittels einer Leine mit einem Oberflächenschwimmer, zumeist einer gut wahr-

Digitized by Google

nehmbaren Holz- oder Korkplatte verbunden und die Messung so wie bei der Oberflächengeschwindigkeit durchgeführt (Bild 9).

Ausser diesen einfachen, wohlfeilen und genügend genaue Ergebnisse liefernden Schwimmern dienen zum Messen der Geschwindigkeiten noch besondere Vorrichtungen, wie die Pitot'sche und Darcy'sche Röhre, für sehr genaue Bestimmungen aber die hydrometrischen Flügel von Woltmann, Harlacher und Amsler. Die Messungen mit dem gewöhnlichen Log und dem Patentlog liefern durch den Widerstand der sich abwickelnden Leine ungenauere Ergebnisse als jene mittels einfacher Schwimmer.

Dampfer- und Stromgeschwindigkeiten. Aus den mittleren Fortgangsgeschwindigkeiten eines ohne Anhang zu Thal oder zu Berg fahrenden Dampfers und den mittleren Umdrehungszahlen seiner Maschine lassen sich seine Todtwassergeschwindigkeiten in einzelnen genau bekannten Stromlängen und aus diesen die Stromgeschwindigkeiten berechnen.

Wenn c_t die Geschwindigkeit des Dampfers gegen das Ufer zu Thal und c_b die Geschwindigkeit des Dampfers gegen das Ufer zu Berg, n_t die Umdrehungszahl der Maschine in der Thalfahrt und n_b die Umdrehungszahl in der Bergfahrt bedeutet, so ist die Stromgeschwindigkeit

$$s = {}^1/_2 (c_t - c_b) - (c_b + c_t) \frac{n_t - n_b}{n_t + n_b}$$

Ist die Umdrehungszahl zu Thal n_t kleiner als jene von n_b zu Berg, so kann obiger Ausdruck auch in folgender Form benutzt werden:

$$s = {}^1/_2 (c_t - c_b) + (c_b + c_t) \frac{n_b - n_t}{n_t + n_b}$$

Ist endlich $n_t = n_b$, so ist

$$s = {}^1/_2 (c_t - c_b).$$

Auf diese Weise wurden aus einer grossen Zahl Personenfahrten auf den einzelnen Donaustrecken, mit Ausnahme der Kataraktenstrecke und des Eisernen Thores zwischen Drenkova und Turn-Severin, folgende Stromgeschwindigkeiten bei Mittelwasser in Metern in der Sekunde ermittelt:

Passau—Linz	2,44,	Linz—Wien	2,62 m
Wien—Gönyö	2,30,	Gönyö—Budapest	1,12 m
Budapest—Drenkova	1,10,	Turn-Severin—Silistria	1,00 m
und Silistria—Galaz		0,90 m.	

Formeln für Berechnung von Stromgeschwindigkeiten. Die Ermittelung der Geschwindigkeit eines Wasserlaufes soll immer durch Messung und nicht durch Berechnung mittels Formeln erfolgen, da diese Berechnungen kein richtiges Ergebnis liefern können, weil in den bisher vorhandenen Formeln keine sicheren Erfahrungsziffern über den Einfluss der Form und des Oberflächenzustandes eines Durchflussprofiles auf die Geschwindigkeit aufgenommen werden konnten.

Gestaltung des Flussbettes, Geschiebeführung. Jener Theil eines Thales, in welchem sich das Wasser eines Flusses oder Stromes bewegt, heisst Bett. Die untere Begrenzung des Bettes wird Sohle, die seitliche Ufer genannt.

Digitized by Google

Man unterscheidet ein Niederwasser-, ein Mittelwasser- und ein Hochwasserbett.

Mittelwasserbett. Das Mittelwasserbett ist das zwischen den eigentlichen Ufern gelegene Bett, in welchem sich die normale Wassermenge des Flusses bewegt.

Hochwasserbett. Niederwasserbett. Das Hochwasserbett führt die, die Ufer überfluthenden Hochwässer und wird von den angrenzenden Thalerhöhungen begrenzt, während das Niederwasserbett zum Theil von den im Strome lagernden Kiesbänken, zum Theil von der Ufersohle umfasst wird und den eigentlichen Thalweg, die Fahrbahn der Schiffe bildet.

Die Unterschiede zwischen den Breiten dieser Bette sind oft sehr bedeutend. Das Niederwasserbett der Donau ist 30 bis 200 m, das Mittelwasserbett 200 bis 3000 m und das grosse überfluthete Hochwasserbett 1000 bis 10000 m breit. Der Po hat regelmässig eine Breite von 1000 bis 2000 m, sein Hochwasserbett beträgt 5000 bis 30000 m; der Nil ist 500 bis 15000 m, der Mississippi 900 bis 120000 m breit.

Stosskraft des Wassers. Die Gestaltung des Flussbettes selbst ist das Ergebniss der mechanischen Arbeit des fliessenden Wassers und der Geschiebe.

Die Flüsse und Ströme fliessen zumeist durch Thäler, deren Sohlen von uralten Ablagerungen gebildet sind. Oft nähern sich die das Flussthal einschliessenden Gebirge derart, dass der Fluss sich durch eine Enge durchzwingen muss, oft wird das Flussbett von Felsbänken durchsetzt, über welche sich die Stromschnellen ergiessen, oft bildet das Mittelwasserbett eine Ueberbreite mit geringer Strömung, welche mit Kies- und Sandbänken, von denen einige bereits Pflanzenwuchs haben, bedeckt ist und die alle zur Zeit der Hochwässer überfluthet werden. Die Sohle des Flussbettes wird von der Stosskraft des Wassers ununterbrochen angegriffen. Ist dieselbe grösser, als der Widerstand der Sohle, so wird deren Gerölle von der Strömung solange fortgerollt und weitergeschoben, bis es sich an Stellen mit geringerer Strömung, nun abgeplattet, abgerundet, zerkleinert und zerrieben wieder ablagert.

Die Bewegung der Flusssohle und mit dieser die Veränderung des Bettes geschieht daher fortwährend, aber in unregelmässigen Zeiträumen und nimmt streckenweise mit der Stosskraft des Wassers zu, welche wieder mit der Masse des sich bewegenden Wassers, dem Gefälle und der Stromgeschwindigkeit wächst.

Die schwereren Sohlentheile, Steine und grobes Gerölle, rollen auf der Sohle weiter, die leichteren und schon zerkleinerten Theile, wie Kies, Sand und Schlamm werden von der Strömung schwimmend fortgetragen.

Durch die Stosskraft des Wassers werden nach ihrem Gewichte und ihrer Grösse zuerst die leichteren und nach und nach die schwereren Geschiebe in Bewegung gesetzt. Mit Verminderung der Stosskraft lagern sich daher diese Geschiebe wieder in umgekehrter Ordnung ab, weshalb auf allen freiliegenden Schotterbänken immer der tiefer liegende grobe Schotter mit Kies, feinem

Digitized by Google

Flusssand oder Schlamm, also mit dem zuletzt abgelagerten Niederschlage, bedeckt ist.

Die hier beschriebenen Erscheinungen kann man nicht nur längs des ganzen Flusslaufes, sondern auch bei allen seinen Zuflüssen beobachten, ob nun diese kleine Wasseradern oder mächtige Gebirgswässer sind. Sie treten, je nach der Verfassung der Zuflüsse und je nach der Beschaffenheit deren Sohlen, mehr oder minder heftig auf.

Wildbäche. Am grellsten sind sie bei Wildbächen wahrnehmbar.

Die Wildbäche strömen durch kurze Hochthäler oder Gebirgsabhänge mit starken Gefällen, in deren Vertiefungen in regenarmer Zeit Gerölle und Schutt liegen bleiben. Bei eintretendem Regen bilden sich sodann starke Bäche, welche in diese Vertiefungen dringen, das Gerölle und den Schutt mit sich reissen und die Seitenabhänge durch Unterwaschen zur Abrutschung bringen, wodurch zuweilen grosse Schuttwalzen entstehen, hinter welchen sich die Geschiebe und Wasser ansammeln und die schliesslich dem Wasserdrucke nachgeben und zerreissen. Ein Gemenge von Gerölle, Schlamm, Schutt, Steinen und Felsblöcken bewegt sich nun lavaartig mit zerstörender Gewalt zu Thal und „vermurt" dieses oder den vorbeiströmenden Fluss.

Bild 10. Wildbach.

Die in Bewegung gebrachte Masse nennt man einen Murgang, das bewegende Gewässer einen Wildbach.

Im Bilde 10 sind a, b, c und d Gebirgsbäche, welche sich vereinigen und dort einen Gefällsbruch erleiden, in dem sich das Gerölle ablagert. Die Strecke bis f nennt man das Abschwemmungsgebiet. Zerreisst bei starken Niederschlägen die Schuttwalze bei f, so bewegt sich deren Inhalt durch den steilen Murgang fg und lagert sich zu einem Schuttkegel gh ab. hi stellt den Ablauf des Wildbaches in den Gebirgsfluss dar. Oft geht der grösste Theil des Schuttkegels unmittelbar in letzteren und bildet eine den Fluss durchquerende feste Geschiebeablagerung k.

In dieser Weise können sich in dem Abschwemmungsgebiete einer Thalenge durch eine lange Reihe von Jahren gewaltige Massen von Gerölle ablagern, welche zumeist die Form eines weiten Kegels, dessen Grundlinie mehrere Kilometer lang sein kann, annehmen, hinter welchem sich oft kleine Seen aufstauen. Wenn nun der vorgelagerte Kegel in Folge eines Wolkenbruches oder plötzlicher Schneeschmelze bricht, kommt diese mächtige Geschiebemasse mit alles vernichtender Gewalt in Bewegung.

Digitized by Google

Die Wildbäche verursachen demnach einen ausserordentlichen Schaden. Mit den Abrutschungen werden urbare Bodenflächen fortgeschwemmt, andere überlagert und grosse Kulturen zerstört. Oft tritt der nackte Felsboden zu Tage, über welchen sich das Wasser ergiesst. Die in Bewegung gekommenen Schuttmassen richten furchtbare Verwüstungen an. Ortschaften, Brücken, Ufermauern werden weggerissen oder mit Schutt und Steinen überschüttet. Am meisten gefährdet ist jenes Gebiet, in welchem der Wildbach in das Hauptthal tritt. Nach Ritt, „Regulirung der Gewässer in Tirol", erwuchs im Spätherbste 1882 durch Wildbachausbrüche in Tirol ein Schaden von 21 Millionen Gulden und gingen 51 Menschenleben zu Grunde. Am 17. September 1882 soll die Rienz nahezu 700000 cbm urbare Erde fortgeschwemmt haben.

In ähnlicher Weise, wie die grossen Wasserkräfte die Gebirge zerstören und verkleinern, arbeiten auch Hitze, Regen, Kälte und Eis daran, die stärksten Felsen zu vernichten und in Millionen Theilen den Flussthälern zuzuführen.

Stromdurchbruch. Die gewaltigste Wirksamkeit der Wasserkräfte auf die Gestaltung der Wasserläufe kommt jedoch bei den Stromdurchbrüchen zum Ausdruck.

Die Entstehung von Durchbrüchen sieht man am besten bei den Gebirgsklammen. Ein den Wasserabfluss hemmender Bergrücken wird an seiner niedrigsten Stelle von der Strömung angegriffen und ausgewaschen. Es bildet sich ein Gerinne, welches sich immer mehr und endlich zu einer steilen Felsspalte vertieft, deren Wände nun in senkrechter Senkung die Klamm einengen. Durch seitliche Quellen bilden sich in diesen Wänden weitere Spalten, diese und das Gestein der Hauptwände werden unterwaschen, von dem in ihren Fugen schmelzenden Eise zerrissen, stürzen zusammen und nun erfolgt die Verbreiterung des Gerinnes zu einem Flussbett.

Die gigantischen Wassermassen der Urzeit haben in ähnlicher, jedoch viel gewaltsamerer und grossartiger Weise gewirkt. So sind nach wohl bisher allgemeiner Ansicht die Donaukatarakte und der Kazan die Folge der Erosionsthätigkeit des Pannonischen Meeres, und der Rhein musste, bevor er sich bei Bingen zwischen dem Taunus und Hundsrück seinen Weg allmählig ausgerieben, im Rheingau einen weiten See gebildet haben.

Der berühmte Fall des Niagara, zwischen dem Ontario- und Eriesee, zeigt deutlich die vom Wasser und Gerölle erzeugte Erosion.

In zwei Arme getheilt, stürzt der Niagara 48 m tief auf ein aus Muschelkalk bestehendes Gestein, welches, dem Wasser keinen übergrossen Widerstand bietend, von unten her immer mehr abgerieben wurde und sich schliesslich zu einem engen, 100 m tiefen Felsthale ausgebildet hat. Wahrscheinlich bildete dieses Thal ursprünglich einen Gebirgsrücken, über welchen das Wasser floss, während der Wassersturz weit oberhalb des heutigen, beim Ontario-See gelegen.

Die Auswaschung und Zerstörung des bestehenden Sturzrückens hat noch keineswegs ihre Grenze erreicht. Basil Hall bemerkt, dass der Wasserfall in 36 Jahren etwa 40 m stromaufwärts gerückt ist, was den Schluss zulässt, dass mit der Zeit das Gebirge gänzlich durchbrochen und dem Niagara ein freier

Digitized by Google

Abfluss eröffnet sein wird, in welchem Falle der Eriesee, nachdem er nur 70 m Tiefe hat, nahezu verschwinden muss. (Bild 11.)

Durch die Stosskraft des Wassers im Vereine mit den chemisch wirkenden Kräften erfolgt demnach mit der Zeit eine allgemeine Umgestaltung der Erde. Diese Kräfte zerstören, wenn auch langsam, doch unwiderstehlich,

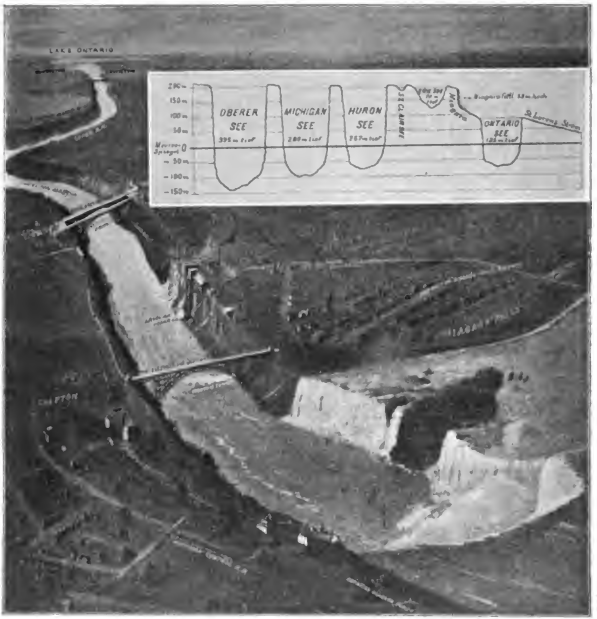


Bild 11. Der Niagarafall.

jede Oberfläche und das Ende der mechanischen Wirksamkeit der Wasserkräfte ist erst denkbar, wenn der ganze Erdball, also Land und Wasser eine Ebene bilden wird.

Geschiebeablagerungen. Gerölle, Kies, Sand, Schlamm. Die Bewegung des Geschiebes im Flussbette nimmt daher ihren Ausgang von den höchsten Spitzen der Berge. Ein mächtiger Felsblock stürzt vom Gletscher und zerbröckelt sich. Seine Trümmer werden durch einen Wildbach in Bewegung

Digitized by Google

gesetzt und in das Flussbett gebracht. Die Strömung des Flusses rollt sie als Gerölle weiter und verkleinert dieses zu Schotter, welcher endlich, zu Kies, Sand und Schlamm verrieben, durch das Wasser bis in das Meer geschwemmt wird. Nur ein sehr geringer Theil der Geschiebe gelangt als Schlamm oder Schlick bis in das Meer. Der grösste Theil desselben erhöht das Flussbett und lagert sich bei zeitweiligen Anschwellungen des Flusses in Buchten, am Ufer und im Ueberfluthungsgebiete ab.

Da zur Fortbewegung des groben Geschiebes schon eine grössere Stosskraft des Wassers nothwendig ist, so werden die Ablagerungen im Oberlaufe eines Flusses, welcher ein stärkeres Gefälle und eine grössere Strömung hat, zumeist aus Gerölle, grobem Kies und Schotter bestehen, während das feinere Geschiebe, Sand und Schlamm, weitergetragen und erst in der geringeren Strömung des mittleren und unteren Flusslaufes zur Ruhe kommen wird. Das abgelagerte Geschiebe ist demnach um so feiner, je entfernter es vom Ursprunge des Flusses ist.

Die Bewegung des Kieses am Grunde kann man in grösserer Strömung, in einem Nachen treibend, deutlich hören. Die Schiffer sagen „der Strom singt".

Mit jeder Zunahme der Stromgeschwindigkeit werden Theile des Bettes losgerissen und fortgeführt, mit jeder Verminderung derselben aber wieder abgelagert. Die abgelagerten Sinkstoffe erhöhen wieder das Strombett so lange, bis durch Gefällsänderungen oder Aufstauungen des Wassers abermals so grosse Stromgeschwindigkeiten entstehen, dass von denselben einzelne Theile der Ablagerungen wieder weitergeführt werden können.

Durch das fortwährende Arbeiten dieser Naturkräfte entstehen die Erhöhungen und die Vertiefungen des Strombettes.

Die grössten Vertiefungen geschehen während des Hochwassers, die meisten Geschiebeablagerungen bei Ablauf desselben. Die grössten Verflachungen entstehen bei Niederwasser, wenn bei diesem eine geringe Strömung eintritt.

Uferabbruch. Ausser diesem Angriffe der Sohle durch das fliessende Wasser erleiden die Flussbette auch noch eine Umgestaltung durch den Abbruch und die Unterwaschung ihrer Ufer.

Es treten demnach im natürlichen Laufe des Flusses, einerseits durch die Geschiebeführungen anderseits durch den Uferabbruch fortwährende Veränderungen in den Gefälls- und Geschwindigkeitsverhältnissen ein, wodurch an einer Stelle mehr, an anderer Stelle wieder weniger Ablagerungen stattfinden und eine Strecke, von der Strömung mehr angegriffen und ausgewaschen, eine gekrümmte, die andere Strecke, in welcher die Strömung mehr in der Flussmitte bleibt, eine geradere Längenform annimmt.

Flussseichten und Flusstiefen. Wo die Ablagerungen am stärksten sind, entstehen Untiefen, Fuhrte, welche die Fahrbahn verlegen und verändern und die durch Baggerungen in der Regel dauernd nicht entfernt werden können, weil ja durch diese die Ursache ihrer Bildung nicht beseitigt wird.

Digitized by Google

Zwischen solchen Ablagerungsstrecken liegen wieder Strecken ohne sichtbare Geschiebe mit genügenden und gleichmässigen Tiefen, denen wieder aussergewöhnliche Flusstiefen, Kolke, folgen.

Kolke entstehen überall dort, wo eine stärkere Strömung schwachströmendes oder nahezu stromloses Wasser trifft. Dieses geschieht an allen steilen Krümmungsstellen des einbiegenden Ufers, wo der vom ausbiegenden Ufer abgeworfene Stromstrich das schwere ruhige Wasser desselben trifft, ferner unterhalb jeder Kiesbank und Insel, wo sich der von denselben gespaltene Stromstrich wieder vereinigt.

Die Tiefe der solcherart entstandenen Kolke in der Donau beträgt bei Niederwasser in den nicht regulirten Theilen oft 10 bis 15 m. Dieselben verursachen auch die bekannten Abrutschungen der hohen einbiegenden Ufer und Inseln. In Stromengen, wie beispielsweise in der Donauenge Kazan, bestehen Tiefen bis 50 m.

Wirbel, Kehrwässer. An diesen Stellen entstehen die dem Schiffer bekannten Wirbelbildungen und Kehrwässer, deren Wirkung auf die Steuerfähigkeit er stets in Betracht ziehen muss, um besonders einen Schleppzug ohne Gefährdung führen zu können. Man nennt sie auch Wirbel, Schwall, Kehr, Gegenströmung oder Wechsel.

Jede Wirbelbildung hat in ihrer Mitte eine trichterförmige Einsenkung des Wasserspiegels. In der Achse dieser Einsenkung liegt der Wirbel, welcher sich an der Oberfläche durch kreisbildendes wirbelndes Wasser kennzeichnet. Nachdem die Kreisdurchmesser von der Oberfläche nach unten zu und damit die von den Wassertheilchen zurückzulegenden Wege gegen die Tiefe zu immer kleiner werden, so nimmt die Geschwindigkeit derselben zu, und wird nun die zumeist aus Kies und Sand gebildete Flusssohle schliesslich von einer sich schnell drehenden, starken Strömung gelockert und solange unterwühlt, bis die Reibung an der ausgehöhlten Tiefe einen ihrer Stärke gleichen Widerstand bietet.

Die stärkste Wirbelbildung stellt sich dort ein, wo heftig strömendes Wasser an ein steiles Oberhaupt eines Einbaues oder an einem vortretenden senkrechten Uferrand anprallt, wodurch ein vermehrter Druck entsteht, der das Wasser nach allen Seiten, wohin ein Ausweichen möglich ist, fortdrängt. Letzteres wird also nach rechts und links auszuweichen suchen, hauptsächlich aber abprallen und eine aufwärts gerichtete Bewegung annehmen. Diese Erscheinung zeigt sich auch oberhalb eines jeden in starker Strömung bis nahe zur Wasseroberfläche liegenden Felsens. Vor demselben bildet sich eine starke, bergwärts fluthende Strömung, die sich an der Oberfläche durch ein heftiges Aufwallen des Wassers zu erkennen giebt. Es zeigt sich eine Erhebung der Wasserfläche, welche fortwährend ringsumher abfliesst und sich durch immer erneuten Wasserzudrang von unten ersetzt. Diejenigen Wasserfäden des Stromes, welche über dem Steine fortgehen, stossen mit dieser Strömung zusammen, verändern ihre Richtung und die Erhebung des Wasserspiegels zeigt sich nicht unmittelbar über dem Steine, der sie verursachte, sondern weiter stromabwärts.

Digitized by Google

Ein geübter Schiffer nimmt dieses Aufwallen noch wahr, wenn der Felsen oder Stein ziemlich tief unter der Wasserfläche liegt. Es giebt sich durch die sprudelnde Bewegung, den Wellen, zu erkennen. Die Schiffer pflegen hierauf, besonders bei der Thalfahrt, aufmerksam zu sein, um die Lage der einzelnen Klippen richtig beurtheilen zu können.

Auf der Donau bestehen die stärksten Wirbelbildungen in der Thaleinfahrt zwischen den Klippen des Eisernen Thores und einiger Katarakte.

Der für die Schiffahrt gefährlichste „Wirbel" bestand jedoch in früheren Zeiten unterhalb des Donaustrudels gegenüber dem Städtchen Struden (siehe Bild 12), wo früher sich die ganze Wassermasse an einem im Strome liegenden Felsen brach und hierdurch in eine ausserordentlich schnelle und ausgedehnte Drehung gebracht wurde. Wenn die Schiffe dem Umkreise dieses Wirbels nicht wegsteuern konnten, wurden sie von ihm erfasst, herumgedreht und an einer Bordseite so stark herabgezogen, dass sie oft kenterten.

Vom Wirbel zu unterscheiden sind die dem Schiffer in anderem Sinne gefährlichen Kehrwässer, Gegenströmung oder Wechsel. Sie entstehen, wenn das Strombett plötzlich seine Breite oder Tiefe verändert. Die Stromfäden verlieren dann ihre parallelen Richtungen und ihren gleichmässigen Fortgang uud es stellen sich verschiedene Geschwindigkeiten oft in entgegengesetzter Richtung ein. Kehrwässer entstehen beispielsweise vor dem Kopfe einer weit in den Strom reichenden Buhne. Der Buhnenkopf staut die ihn treffende, heftig strömende Wassermasse plötzlich auf, welche nun ihr dadurch erhaltenes Gefälle derartig ausgleicht, dass sie längs der oberen Seite der Buhne nach dem Ufer und an diesem so weit stromaufwärts fliesst, bis sie wieder von dem Hauptstrome erfasst wird.

Auf diese Weise bilden sich bei scharf vortretenden Werken oder Uferecken weit ausgedehnte und zuweilen sehr starke Gegenströme. Wenn die Schleppe eines zu Berg fahrenden Zugdampfers in dieselben gerathen, werden sie, weil die normale Gegenströmung plötzlich aufgehoben wird, vorwärts rennen, heftig gieren, „oben ausgehen" und sich gegenseitig rammen. Bei nicht genügender Vorsicht brechen dann die Schlepptaue, die Fahrzeuge laufen in das Ufer und havariren.

Die starken Kehrwässer ergeben sich nur bei jenen Stromhindernissen, an welchen die Wasserfäden voll anprallen und dann bis zum Hauptstrome zurückgewiesen werden. Wird dagegen ein Hindernis, beispielsweise eine Buhne, höher überfluthet, so ist die Seitenablenkung viel geringer und der grösste Theil des Wassers fliesst darüber fort. Es bildet sich alsdann wegen der Hemmung, die das Wasser hier erfährt, ein schwacher Wassersturz, Schwall oder Ueberfall, der auch bei tiefer Lage des Hindernisses dieses erkennen lässt. Bei geringer Ueberfluthung eines Stromeinbaues gewährt die dann noch vorhandene Seitenströmung für die Schiffahrt den Vortheil, dass sie das Schiff von diesem abweist. Ist das Fahrwasser vor dem Kopfe sehr schmal, so muss das Schiff sogar in der Thalfahrt so gesteuert werden, als ob es auf die Buhne auflaufen wollte, wodurch man es vermeidet, dass die Seitenströmung das Schiff zu weit forttreibt und es auf die gegenüberliegende Untiefe führt.

Digitized by Google

Thalfahrendes Bretterflosa und grosse Holzplätte. Trauner. Gegenzug durch den Struden. Der ehemalige Wirbel.

Bild 12. Donaustrudel, nach einer Aufnahme der K. K. Navigations-Direction aus dem Jahre 1781.

Digitized by Google

In gleicher Weise wie vor künstlichen Einbauten bilden sich auch vor Sandbänken Kehrwässer, welche den Kurs der Schiffe beeinflussen. Diese Seitenströme sind, wenn die Sandbänke tief unter Wasser liegen, an der Oberfläche nur sehr schwach zu erkennen, während sie in der Tiefe kräftig wirken.

Das durch sie hervorgerufene Abweisen der Schiffe aus ihrer Fahrrichtung giebt sich daher bei Fahrzeugen von verschiedener Einsenkung verschiedenartig zu erkennen. Ein seichtes Schiff kann davon nicht getroffen werden und in unverändertem Kurse neben der unter Wasser liegenden Sandbank vorbeifahren, während ein tiefer getauchtes grosses Schiff seitwärts abgetrieben, „davongetaucht"; wird.

Flusskrümmungen. Die von der Strömung angegriffenen Flussufer nehmen eine gekrümmte Form an. Die gekrümmten Flussstrecken entstehen, wenn der Stromstrich sich knapp einem Ufer nähert und dieses, wenn es nicht genügend widerstandsfähig ist, an der Sohle oder oberhalb derselben angreift und zum Abbruch bringt.

Es bilden sich anfangs ganz flache Krümmungen, Sohle und Ufer werden immer mehr und mehr ausgewaschen, die Krümmungen stärker und steiler und es entsteht schliesslich die eingebogene tiefe Uferkrümmung, während sich in der, dieser gegenüberliegenden ausbiegenden Uferkrümmung in Folge der dort herrschenden geringen Strömung Geschiebeablagerungen, Sandbänke, bilden.

In jeder Krümmung liegt sonach das tiefe Wasser in der Einbiegung, das seichte um die Ausbiegung.

Durch eine scharfe Verkrümmung des Flussbettes tritt der Fall ein, dass sich das Ende einer oberen Krümmung immer mehr dem Anfange der unteren Krümmung nähert, bis endlich die schmale Landzunge zwischen beiden von der Strömung durchbrochen wird und der Fluss sich nun ein neues, kürzeres und geraderes Bett schafft.

Als Beispiel dienen die grossen Krümmungen der Donau oberhalb Baja, wo innerhalb 20 Jahren von sechs Krümmungen zwei vollständig verschwunden sind. Im Bilde 13 bezeichnet der Stromstrich a, a, a den früheren gekrümmten Thalweg, derzeit ganz verlandet und als toter Arm bezeichnet, der Stromstrich b das neue durchgebrochene Strombett. Durch einen solchen Durchbruch zweier Flusskrümmungen setzt die Natur der Ausdehnung derselben eine Grenze.

Bild 13. Durchbruch zweier Flusskrümmungen.

Ist die Krümmung noch nicht genügend stark entwickelt, so kann auch eine andere zufällige Veranlassung, das Sinken eines Schiffes oder das Festschwimmen eines treibenden grossen Baumstammes mit seiner Wurzel, bei der Angriffstelle der Hauptströmung die weitere Ausbildung unterbrechen, wodurch man nicht selten während eines Schiffahrtsjahres ein Ufer abbrechen und eine einbiegende Krümmung annehmen sieht, während

Digitized by Google

im nächsten Jahr vor dieser Einbiegung sich wieder Geschiebe ablagert und ein ausbiegendes Ufer bildet.

Inseln und Stromspaltungen. Durch Erhöhung und Festwerden von Geschiebeablagerungen, sowie durch Uferdurchrisse können Inseln entstehen, welche Stromspaltungen erzeugen, wodurch sich der Stromstrich nach zwei oder mehreren Richtungen hin verzweigt.

Eine dieser Stromspaltungen führt das schwere Wasser und dient der Schiffahrt, während die anderen nach und nach verlanden.

Geschiebe der Zuflüsse. Eine weitere Umbildung des Flussbettes findet durch Geschiebeführungen der in dasselbe einmündenden Nebenflüsse statt. Die Geschiebeablagerungen bei Flussmündungen entstehen dadurch, dass die Geschwindigkeit des einen Flusses durch den Stau bei der Mündung vermindert wird und der andere Fluss die Geschiebe nicht weiter führen kann. Je verschiedener die Verfassung beider Flüsse ist, umso ungünstiger gestalten sich diese Ablagerungen; die grössten finden im Hauptstrome mit dem Hochwasser des Nebenflusses statt, während, wenn ersterer anschwillt, die Ablagerung sich wieder in letzterem bildet. Insbesondere die Gebirgsflüsse führen dem Strome nach heftigen Regengüssen grosse Mengen Gerölle, Kies, Sand und Schlamm zu und vermuren dann die ganze dortige Fahrbahn. (Siehe Bild 10).

Strombettveränderungen durch Eis. Endlich wird ein Strombett auch durch das Eis umgestaltet. Das auf der Sohle des Flusses sich bildende Grundeis nimmt von derselben Sand und Schlamm auf, steigt zur Wasserfläche empor und vereinigt sich zu stromabwärts treibenden Eisschollen. Diese nehmen an Dichtigkeit und Grösse zu und frieren zu Eisfeldern zusammen.

Eisstopfungen, Eisstoss. Wenn das Treiben dieser Eisschollen und Eisfelder durch Stromengen, Krümmungen, Fuhrte oder Brückenjoche gehemmt wird, so zerschellen sie zum Theil, zum Theil brechen sie aber die Ufer ab und schieben sich über und untereinander, wodurch dann Eisstopfungen und schliesslich der Eisstoss entsteht.

Eisstopfungen wirken wie ein Stauwerk. Oberhalb derselben werden die Ufer überfluthet und es können diese und die Strombauten stark beschädigt werden. Findet die Eisbildung bei niederem Wasserstande statt, so entstehen, weil nur geringe Wassermassen vorhanden und die Stromverhältnisse gleichmässigere sind, keine gefährlichen Eisversetzungen. Findet die Eisbildung jedoch bei plötzlich eintretender Kälte und höherem Wasserstande statt, so stellt sich das Eis in den Krümmungen und in den Stromstrecken mit geringerer Strömung. Die Eisfelder unterschoppen sich und es bildet sich eine mächtige Eisstopfung, bedeckt mit einem gewaltigen Trümmerfelde von Eisblöcken, welche sich nach und nach dem Strome entgegen aufbauen.

Am gefahrdrohendsten werden Eisstopfungen, wenn zu einem schon bei Niederwasser gebildeten Eisstosse ein zweites vom Oberlaufe des Stromes mit höherem Wasserstande kommendes starkes Eistreiben hinzutritt.

Digitized by Google

Nach dem Abgange der Eisstösse sind im Strombette die meisten Veränderungen wahrzunehmen und hat an vielen Stellen der Stromstrich eine ganz veränderte Richtung, wodurch die Schiffahrt neue Fahrbahnen erhält.

Eissperre. Die Dauer des Eisstandes ist je nach der Lage der Flüsse sehr verschieden. Während im europäischen Russland der Dnjester beispielsweise drei Monate mit Eis bedeckt ist, sind die Flüsse der östlichen Hälfte Russlands und Sibiriens sechs Monate vom Eise eingeschlossen. Die Eissperre der Donau dauert im Mittel zwei Monate. Nach 40jähriger Beobachtung währt der Eisstand zu Bingen am Rhein drei Tage und der Eisgang sechzehn Tage im Jahre.

Eisbildung. Die erste Bedingung für Eisbildung im Flusse ist natürlich die Abkühlung der Luft auf und unter 0 Grad Celsius, doch erfolgt dabei die Abkühlung des Wassers infolge seiner Wärme nur langsam. Dazu kommt noch, dass das specifische Gewicht des Wassers bei + 4 Grade am grössten ist. Die bis auf diesen Wärmegrad abgekühlten Theilchen sinken also unter und mischen sich so mit dem leichteren und wärmeren, und andererseits steigen die wärmeren und leichteren Theilchen, im Austausch mit den gesunkenen, nach der Oberfläche. Die von der kalten Luft an der Oberfläche ausgeübte Wärmeentziehung wird also erst nach Verlauf einer gewissen Zeit dann zur Eisbildung führen, wenn durch diese Mischung die ganze Wassermasse bis auf den Wärmegrad der sie umgebenden Luft, also auf und unter 0 Grad, erkaltet ist.

Nach den am Donaustrome gemachten vieljährigen Beobachtungen vollzieht sich die Eisbildung in folgender Art:

Auf den schwach strömenden und den stromlosen Stellen der Donau, in den Buchten, Nebenarmen und zwischen den Regulirungswerken tritt die Eisbildung zuerst und viel rascher ein, als im fliessenden Strome, weil in den stromlosen und seichten Flächen derselben die Wassertheilchen ungehindert und viel rascher als im Strome an die Oberfläche steigen und, wenn an dieser erkaltet, wieder sinken können. Hierdurch tritt die Abkühlung aller Wasserschichten sehr schnell ein und gefrieren dieselben.

Eine stromlose Kanalhaltung oder ein stilles Buchtwasser, ein Hafen oder ein schwach fliessendes Einrinnen werden demgemäss bei Eintritt der Kälte rasch zufrieren.

Im Flussbette selbst wird diese gleichmässige Auf- und Abwärtsbewegung der Wasserschichten durch die Wirkung der Strömung gestört, die Abkühlung daher verzögert und das Zufrieren erschwert, weil die der kalten Luft ausgesetzten Wassertheilchen von der Strömung immer wieder verdrängt werden.

Dauer der Eisbildung. Für die Binnenschiffahrt ist es von Wichtigkeit zu wissen, wieviel Zeit vom ersten Auftreten der Luftwärme von 0 Grad bis zum Zufrieren der Gewässer, und wieviel Tage wieder bis zum Eisabgange verstreichen, weil innerhalb dieser Zeit der Schiffer sein Fahrzeug in Sicherheit bringen muss.

Digitized by Google

Im Allgemeinen wurde beobachtet, dass in unseren Klimaten im Spätherbste nach Sinken der Luftwärme unter o Grad Celsius die Kanäle sich binnen einer Woche, die kleinen Flüsse und Binnenseen innerhalb zwei Wochen und die grösseren Flüsse und Ströme innerhalb drei Wochen mit Eis derart bedecken, dass eine Schiffahrt auf denselben nicht mehr möglich ist. Mit Zunahme der Luftwärme über o Grad Celsius findet im Frühjahre wieder das Aufthauen des Eises auf Kanälen, Flüssen und Strömen innerhalb zwei Wochen, auf den Binnenseen oft erst in drei Wochen statt.

Dauer und Arten der Donaueisbildung. Auf der Donau unterscheidet man vier Eisbildungen:

1. Die breiten Eisblöcke, welche von den Nebenflüssen und Seitenarmen in den Hauptstrom treiben, in diesem grösser werden und die Eisschollen bilden.

2. Das lose zusammenhängende schneeartige Gefüge von Eisnadeln und Blättchen mit zumeist klumpenartiger Gestalt und schmutziger Färbung, das Treibeis.

Dieses bildet sich hauptsächlich von den durch die Strömung zusammengetriebenen Schneemengen. Die Klumpen nehmen, wenn sie sich längs der Ufer fortwälzen, Erde und Schlamm auf, sodass sie oft schwere Massen bilden, deren grösster Theil unter Wasser schwimmt. Die klumpenartige Gestalt nimmt durch Einwirken der Strömung verschiedene Lagen an, wodurch deren einzelne Theile nacheinander der kalten Luft ausgesetzt werden und dabei immer Wasser anschöpfen, welches anfriert, so dass die Klumpen an Ausdehnung rasch zunehmen. Tritt bei diesem Treibeise noch ein Schneefall ein, so frieren die einzelnen Klumpen binnen wenigen Stunden zu mächtigen Schollen zusammen.

3. Das Grundeis, welches dadurch entsteht, dass bei grösserer Kälte Wassertheilchen sich in die Tiefe senken und am Flussgrunde mit Sand und Geröll in Berührung kommen, von welchen ihnen die letzte Wärme entzogen wird. Dieselben frieren zu Eisnadeln, welche sich nun loslösen und mit Schlamm und Kies vermengt aufsteigen.

Nachdem das Grundeis an der Flusssohle solange angefroren bleibt, bis es durch die, von den in Bewegung gerathenen Eismassen erzeugten Unterströmungen losgelöst wird und emporsteigt, so kommt es erst dann zum Vorschein, wenn die Kälte vorgeschritten, daher die Eisbildung bereits in kräftiger Entwickelung begriffen ist.

Das Grundeis ist daher immer das erste sich im Flussbett selbst bildende Eis und das sichere Zeichen für den Schiffer, dass strenges Frostwetter eintritt. Wenn Grundeis wahrgenommen wird, müssen sofort die nöthigen Massregeln zur Sicherung der Flotte ergriffen werden, weil dann Gefahr im Verzuge ist.

Durch zeitweilig zunehmende Luftwärme werden die ersten Grundeisbildungen verhindert, so dass im Spätherbste oft mehrere derselben eintreten können und erst die letzte zum Eisgange führt.

4. Die letzte Form ist das spiegelglatte durchsichtige Kristalleis, Kerneis, welches sich, wenn das Eistreiben schon sehr stark ist und einzelne Eisfelder sich schon gestellt haben, zwischen dem schwachströmenden Stauwasser

Digitized by Google

etzterer bildet und jene ausgedehnten glatten Eisfelder schafft, welche alle übrigen schwimmenden Eisschollen, Treibeis und Grundeis zu starren geschlossenen, oft die ganze Strombreite überbrückende Eisdecken vereinigt, die den Eisstoss darstellen.

Das Donaueis besteht demnach zu Beginn der Eisbildung nur aus den nicht im Hauptstrome gewachsenen Eisschollen und aus dem Treibeise. Tritt zu diesem die Grundeisbildung, so entsteht dann rasch das Kristalleis und endlich der Eisstoss.

Im Bild 14 ist der Abgang eines Donaueisstosses im Frühjahre, der Eisgang, dargestellt.

Enteisungen, Eisbrechdampfer. Die Bildung des Grundeises kann durch

Bild 14. Eisgang.

lebhaftes Befahren der Fahrrinne verzögert werden, hat sich dasselbe jedoch einmal kräftig gebildet, so ist eine Enteisung nicht mehr zu erreichen.

Von grossen Tostklumpen gebildetes, bis zu einem halben Meter dickes Treibeis kann, weil dieses noch kein festes Gefüge hat, von den eisernen Radschaufeln der Dampfer leicht zertrümmert werden und man kann, wenn keine weitere Abnahme der Luftwärme eintritt, in solchem Eise so lange fahren, bis der Strom bis zu sechs Zehntel seiner Breite mit Eisschwaden bedeckt ist. Nimmt jedoch die Kälte bis zu — 10 Grade zu und bemerkt man Grundeis, so muss jede Fahrbewegung im Donaustrome eingestellt werden.

Bei Wiedereröffnung der Schiffahrt ist den Schiffen das dem Eisstosse nachschwimmende starke, von den Ufern mit steigender Fluth abgeschwemmte Landeis darum gefährlich, weil es stellenweise mit Erde, Bruchsteinen und Gerölle vermengt ist, daher tief eintaucht und dann nicht immer rechtzeitig wahrgenommen werden kann. Dasselbe hat schon oft schwere Havarien verursacht.

Zur Enteisung werden entweder rammende oder auflaufende Eisbrechdampfer verwendet.

Erstere haben einen scharf abgekanteten Bug, mit welchem sie das Eis durchschneiden. Sie sind achterlastig gebaut, so dass der Schwerpunkt hinter

Digitized by Google

der Schiffsmitte liegt, wodurch sich der Bug aus dem Wasser hebt und während des Rammens von oben nach unten auf die Eisplatten drückt.

Bei den auflaufenden Dampfern ragt der Bug 0,50 m über die Wasserlinie, fällt unter einer Neigung von beiläufig 20 Graden gegen dieselbe ab und geht mit allmähliger Krümmung gegen die Schiffsmitte in eine gerade Fläche über. Durch Füllen der Wasserkästen am Achter kann der Bug noch höher gestellt und damit der Auflaufwinkel vergrössert werden, wodurch der Dampfer mit beiläufig einem Drittheil seiner Länge auf die Eisplatten auflaufend diese durch sein Gewicht entzweibricht.

Die Eisbrechdampfer haben zumeist eine Schraube mit grossem Durchmesser, jedoch eignen sich starke Raddampfer mit Eisenschaufeln auch gut zum Rammen der Eisdecke und haben den Vortheil, dass die Räder das

Bild 15. Eisbrecher.

gebrochene Eis besser als die Schraubendampfer zu beiden Bordseiten in der Kiellinie abführen.

Die rammenden Dampfer sind manövrirfähiger als die auflaufenden, sie sind besonders verwendbar bei dünnen Eisdecken, daher zu Enteisungen von Häfen und Eisstopfungen.

Auf grösseren Strecken kann festgesetztes Kerneis dagegen durch auflaufende Dampfer wirksamer beseitigt werden. Im letzteren Falle arbeiten in der Regel zwei Dampfer nebeneinander mit einem Anlauf von 100 bis 200 m gegen die Eisdecke, wobei sie je nach der Eisstärke um eine halbe oder ganze Schiffslänge in das Eis eindringen, auflaufen, und dieses theils auseinandersprengen, theils durch ihr Gewicht zertrümmern. (Bild 15.)

Auf der Donau wird nur bis zum Eintritte des starken Frostes Eis gebrochen und werden zum Eisbrechen starke Zugdampfer mit Eisenschaufeln verwendet, welche rammend arbeiten und zur Speisung der Kessel eigene Wasserkästen eingebaut haben.

Digitized by Google

Nutzen der Enteisungen. Den grössten Nutzen ergeben Enteisungen im Mündungsgebiete der unteren Flussläufe, weil das Abtreiben der gebrochenen Eisschollen dadurch befördert wird, dass dieselben mit der jeweiligen Ebbe abgehen. In den Flüssen oberhalb der Fluthgrenze ist das Abtreiben der Schollen nur bis zu einer gewissen Grenze stromaufwärts möglich und von der Strömung, der Windrichtung und der Höhe des Wasserstandes, sowie von der Beschaffenheit des Flussbettes abhängig.

Das Eisbrechen muss stets von unten beginnen und gegen den Strom aufwärts fortgesetzt werden, denn nur dann findet das treibende Eis Vorfluth. Es muss eine breite Rinne im Flusse gebrochen werden, damit das Eis nicht Gelegenheit findet, sich wieder festzusetzen, und muss das Abtreiben der Schollen durch Dampfer, welche lebhaft hin- und herfahren, begünstigt werden. Die Thätigkeit dieser Dampfer ist unausgesetzt Tag und Nacht erforderlich, und je weiter stromaufwärts die Enteisung geführt werden soll, um so mehr Dampfer sind zum Abtreiben des Eises einzustellen. Die Schwierigkeiten und

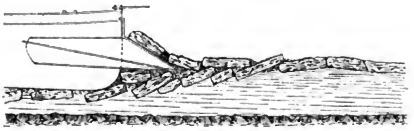


Bild 16. Eispflug.

Kosten für das Abtreiben des Eises nehmen demnach zu, je höher flussaufwärts das Brechen geschieht. Man muss sich daher auf Kanälen und den oberen Flussläufen damit begnügen, die vorübergehenden Fröste zu überwinden, die Schiffahrt im Herbst durch Brechen des Eises einige Tage länger zu erhalten und ihre Wiedereröffnung im Frühjahr früher zu erreichen.

Im Allgemeinen ist also das Eisbrechen auf Flüssen und Kanälen nur bei Thauwetter von Erfolg begleitet, während bei strengem Froste der Erfolg ein geringer ist. In neuerer Zeit hat man, um ein besseres Ergebnis zu erreichen, versucht, mittels einer pflugähnlichen Rammvorrichtung das gebrochene Eis seitlich auszuwerfen. Dieser Eispflug ist eine schwimmende Vorrichtung von 10 m Länge, 4,5 m Breite und 2,0 m Höhe, welcher an dem Buge des in dieselbe rückwärts einfahrenden Dampfers mittels Schrauben und Nietbolzen festgemacht wird (Bild 16).

Für Kanäle dürfte sich diese Vorrichtung deshalb gut eignen, weil hierdurch bei Brechung der Eisplatten dieselben gleichzeitig auf die Ufer hinausgeworfen werden können.

Flussmündungen. Die bisherigen Ausführungen haben den Fluss von seiner Entstehung an behandelt. Es erübrigt nur noch dessen Mündung in das Meer zu beschreiben.

Auch in ihrem untersten Laufe, im Mündungsgebiete, unterliegen die Flüsse durch die Fluthschwankungen des Meeres, und weil der Unterlauf des Flusses meist ein sehr geringes Gefälle hat, noch verschiedenen Veränderungen.

Digitized by Google

Die Fluthhöhe ist je nach der Fluthgrösse des Meeres und der Gestaltung der Strommündung verschieden. Ihre grösste Höhe erreicht sie, wenn die Mündungsufer in trichterförmiger Gestalt sich einander nähern und der Flussgrund allmählig ansteigt. In diesen Trichter wird die Meeresfluth hineingepresst, und in seiner Verengung steigt dann der Scheitel der Fluthwelle.

Die Stelle im Fluthgebiet eines Stromes, an welcher die Erhöhung des Wasserspiegels Null wird, ist die Fluthgrenze; weiter unterhalb der Fluthgrenze liegt die Grenze des Fluthstromes; zwischen diesem und der Fluthgrenze findet keine Fluthströmung mehr, sondern nur noch ein Aufstauen des Oberwassers statt.

Die genaue Mündungsgrenze eines Flusses ist schwer zu bestimmen. Der Schiffer bezeichnet als solche jene Stelle, wo die Flussströmung bei Ebbe nicht mehr wahrnehmbar ist. Die Fluth des Meeres ist oft weit oberhalb der Mündung im Strome durch den Rückstau erkennbar.

Deltabildungen. Oft münden Ströme, besonders die grossen, in mehreren Armen aus, und wir nennen sie dann deltabildend. Oft hat die Mündung nur einen Fluthtrichter, oft kommen beide Erscheinungen vor und bilden sich an der Mündung Untiefen und Barren.

Die Deltas entstehen durch die vom Flusse gebrachten nun schon ganz zerkleinerten Geschiebe, welche unter dem Einflusse der Fluthschwankungen und des geringen Stromgefälles niedersinken. Diese dem Meere jahraus, jahrein zugeführten Geschiebemengen sind sehr gewaltig. Von Guillemain wurden sie für die Donau mit 60000000 cbm,*) den Po mit 43000000, den Mississippi mit 170000000 und die Rhône mit 21000000 cbm berechnet.

Es entstehen hierdurch mächtige Ablagerungen, in welchen sich der Strom in mehreren Richtungen verzweigt. Die einzelnen Verzweigungen bilden sich immer mehr aus, gleichzeitig rücken die Sinkstoffe in das Meer hinein und schliesslich sind mehrere Mündungen vorhanden, welche vom Hauptstrome aus gesehen die Form von unregelmässigen Dreiecken mit dem Meeresufer als Grundlinie haben. Besonders jene Ströme haben starke Deltabildungen, welche viel Schlamm führen und in Meere mit geringer Fluthbildung münden.

Solche Ströme sind die Donau, der Mississippi und der Nil.

Donaumündungen. Die Deltabildung der Donau beginnt bei Tulcia, 90 km oberhalb Sulina. (Bild 17.)

Der dort bei Mittelwasser 500 m breite und 15 m tiefe Strom verzweigt sich in drei Hauptarme: Der nördliche, bei Kilia, ist der mächtigste. Er bildet in seinem Mittellaufe zahlreiche Verzweigungen und ergiesst sich in ein Delta mit zwölf seichten Mündungen. Die Vorrückung der Ufer der Kiliamündung in das Meer betrug früher jährlich 50 bis 90 m. Dieser weitaus wasserreichste Donauarm ist heute von der russischen Regierung festgelegt und für die Durchfahrt von 3,2 m tieftauchenden Seeschiffen regulirt.

Der mittlere wasserärmste Arm, bei Sulina, hatte vor seiner Regulirung

*) Nach einer Berechnung Breitenlehner's führt die Donau bei Wien bei Hochwasser in 1 cbm Wasser 0,114 kg, was für ein Jahr einer Schlammführung von 6 Milliarden kg oder, 1 cbm Sinkstoff mit 1400 kg angenommen, 43 Millionen cbm Sinkstoffen gleichkommen würde.

Digitized by Google

eine seichte Barre, welche in Folge der durch die kleine Wassermenge zugeführten geringen Sinkstoffe jährlich nur mit 30 m seewärts rückte.

Die südliche, St. Georgsmündung, hat die grössten natürlichen Tiefen, jedoch zu seichte Mündungsarme.

Durch die 1856 eingesetzte Europäische Donau-Kommission wurde die

Bild 17. Die Donaumündungen.

Sulinamündung für die Durchfahrt von Seeschiffen in einer Länge von 100 km regulirt. Es wurden bisher neun Durchstiche ausgeführt und der Strom durch den Bau von weit in das Meer hinausgehenden Dämmen den grössten Seeschiffen geöffnet, während früher nur kleine griechische und türkische Segler diese Donaumündung durchfahren konnten. Im Jahre 1898 liefen aus der Mündung 1419 Schiffe mit 1,5 Millionen Tonnengehalt, darunter 446 englische mit 0,7, 142 österreichische mit 0,2, 134 russische mit 0,06, 85 italienische mit 0,1, 34 französische mit 0,04 und 27 deutsche Schiffe mit 0,03 Millionen Tonnen.

Digitized by Google

2. Abschnitt.

Flüsse und Ströme als Schiffahrtsstrassen.

Beharrungszustand der Flüsse. Im Abschnitte 1 wurde nachgewiesen, dass die Sohle des Flussbettes, sowie die Ufer desselben in fortwährender Umgestaltung begriffen sind. Nur bestimmte Flussstrecken, deren Sohlen von der Strömung nicht mehr angegriffen, durch Geschiebezuführungen von Zuflüssen nicht mehr verändert werden und deren Ufer den Stromfäden schon ausreichenden Widerstand bieten, bilden sich bei genügender Wassermenge vollständig aus und kommen in einen Beharrungszustand. Diese Strecken liegen zumeist im Mittellaufe und im, ausserhalb des Fluthgebietes liegenden Unterlaufe, in welchen das Gefälle und die Wasserstände gleichmässiger sind.

Ein solcher in Beharrungszustand gekommener Strom, dessen Sohle und Ufer so gestaltet sind, dass sie durch Hochwässer nicht mehr angegriffen und abgebrochen, bei Niederwässern aber nicht mehr aufgeschwemmt werden, bildet eine gute, natürliche Schiffahrtsstrasse, weil sein Thalweg bei entsprechender Wasserführung in diesem Zustande aus regelmässig aufeinander folgenden Krümmungen mit genügenden Breiten und Tiefen besteht.

Stromverfassung. Die Summe aller Eigenschaften und Erscheinungen eines Stromes im Beharrungszustande nennt man seine Verfassung. Alle jene Flüsse und Ströme, deren Verfassung eine möglichst unveränderliche ist, bilden die guten Wasserstrassen, während eine veränderliche Verfassung eine schlechte Wasserstrasse darstellt.

Stromverbesserung vom Standpunkte der Schiffahrt. Jene technischen Arbeiten, welche bezwecken, die Verfassung eines Flusses unveränderlich zu gestalten, nennt man Flussbesserung, Regulirung. Das Bestreben des Flussbaumeisters muss sonach dahin gerichtet sein, für den Fluss einen möglichst gleichmässigen Beharrungszustand zu schaffen.

Der Zweck dieser Veröffentlichung ist es nicht, sich mit der technischen Seite einer Flussregulirung eingehend zu befassen, wohl aber ist es zur Beurtheilung des Flusses als Schiffahrtsstrasse nothwendig, jene Aufgaben zu kennen, welche eine, den Zwecken der Schiffahrt dienende Flussregulirung zu lösen hat.

Um den Zustand des Flusses zu beurtheilen und jene Verbesserungen durchführen zu können, welche die Veränderung und Verwilderung des Thalweges hintanhalten oder gänzlich zum Stillstand bringen sollen, ist sowohl die genaue Kenntnis des Zusammenhanges der allgemeinen Flusseigenschaften und deren Erscheinungen, als auch der Lage, Grundrissform und Linienführung des Strombettes nothwendig.

Grundrissform. Zur Erkenntnis der Gestalt und Grundrissform ist es nothwendig, von jedem Flusse einen Lageplan, ein Längenprofil und die nothwendigsten Flussquerschnitte oder Querprofile aufzunehmen.

Digitized by Google

Der Lageplan bringt die natürliche Gestalt und den Lauf des Flussbettes, seine Zuflüsse und unmittelbare Umgebung in einem bestimmten Massstabe zur Darstellung.

Das Längenprofil giebt einen Längendurchschnitt der Flusssohle, des Wasserspiegels bei bestimmten Wasserständen und die Ansicht der Höhenlinien der beiden Ufer zwischen zwei bestimmten Punkten. Zum Zwecke der Aufnahme des Längenprofiles eines Flusses muss vor allem eine genaue Höhenmessung, Nivellement, des ganzen Flussthales durchgeführt werden.

Bild 18. Längenprofil.

Das Längenprofil zeigt je nach der Verschiedenheit des Gefälles, welches es darstellt, ein mehr oder weniger treppenartig abgestuftes Bild, welches jenem in der Natur gleich ist, weil auch in dieser die Flusssohle infolge des Angriffes durch das fliessende Wasser und die verschiedenartigen Geschiebeablagerungen eine treppenartige Linie bildet, über welche das Wasser wie über Wehre dahinströmt. (Bild 18.) Die Sohle wird an den Stellen a, b, c durch das fliessende Wasser bei zunehmender Geschwindigkeit angegriffen und es entstehen dann die Gefällsbrüche bei a_1, b_1 und c_1.

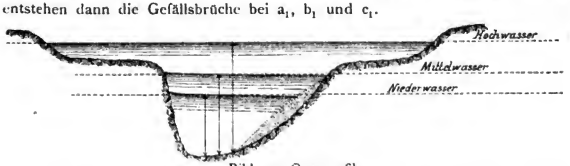


Bild 19. Querprofil.

Das Querprofil, Bild 19, zeigt die Ansicht einer Stromstelle, welche sich ergiebt, wenn man das Flussbett senkrecht zum Stromstriche durchschneidet. Diese Flussquerschnitte werden zumeist in bestimmten Abständen von einander aufgenommen und ermöglichen die Kenntnis der Breitengestaltung und der Tiefenverhältnisse des Strombettes.

Schiffahrtsweg im nichtregulirten Strome. Jeder nichtregulirte Strom windet sich, nach den im Abschnitte 1 über die Gestaltung und Geschiebeführung des Bettes beschriebenen Erscheinungen, zwischen Kiesbänken durch, wird durch Inseln oft in mehrere Arme gespalten und verändert dadurch fortwährend die Richtung seines Stromstriches und damit den Schiffahrtsweg, Bild 20 veranschaulicht den Zustand einer nichtregulirten Stromstrecke. Im Bilde ist auch der heute bestehende Durchstich eingezeichnet.

Die vielen Versandungen machen die Schiffahrt unsicher, oft unmöglich, und im Vereine mit den Stromspaltungen hindern sie den regelmässigen Abgang des Hochwassers und des Eises. Der angrenzende Grundbesitz ist

Digitized by Google

gefährdet, weil sich die Flusskrümmungen in den unregelmässigsten Formen ausbilden, in welchen die Ufer unterwaschen und zum Abbruch gebracht werden und Ueberfluthungen und Eisstauungen nicht vorauszusehende Ausdehnungen annehmen können. Grosse Ueberbreiten wechseln mit engen tiefen Stellen, in ersteren setzen sich die vom eingestürzten Ufer in den Strom gefallenen „rinnenden" Baumstöcke fest und gefährden die Schiffahrt, in letzteren bilden sich Wechselströmungen und Wirbel.

Entzersdorf

Bild 20.

Die Regulirung ist nun bestrebt, diese für die Schiffahrt und Landwirthschaft nachtheiligen Verhältnisse zu verbessern. Dieselbe wird ein um so besseres Ergebnis erzielen, je einheitlicher alle Arbeiten für das ganze Stromthal durchgeführt werden und je mehr man der Verfassung des Stromes und den natürlichen Erscheinungen seines Bettes Rechnung trägt.

Streckenweise Stromverbesserungen. Eine nur streckenweise durchgeführte Regulirung, welche beide Ufer des Stromes festlegt, ist von keinem dauernden Werthe, weil sie von den Verhältnissen der nichtregulirten Strecken immerwieder beeinflusstwird oder auf dieseselbst wieder ungünstig wirkt.

Unnatürliche Stromverbesserung. Ebenso darf dem Strombette kein theoretischer Zwang angethan werden. Nirgends rächt sich die „graue

Digitized by Google

Theorie" und Schulgelehrsamkeit mehr als bei einem Strome. Es fällt demselben gar nicht ein, sich den zahllosen unrichtig angewendeten mathematischen Gesetzen zu fügen. Es wurden wiederholt die schönsten Normalprofile berechnet, durch schnurgerade Durchschnitte die natürlichen Flusskrümmungen beseitigt, in der Flussmitte durch kostspielige Baggerungen ein Stromstrich geschaffen und genau bestimmt, dass bei diesem und jenem Wasserstande so viel Kubikmeter in der Sekunde durchfliessen werden, und nach kurzer Zeit hat sich der Strom in dem mit aller Sorgfalt angelegten Kunstschlauche wieder seinen neuen natürlichen Lauf geschaffen, Krümmung folgt auf Krümmung, Sandbank auf Sandbank, und wo die grössten Tiefenbaggerungen stattgefunden, zeigen sich bei Niederwasser die glänzendsten Kiesbänke.

Im Sonderinteresse durchgeführte Regulirungen. Werthlos und oft unmittelbar schädlich sind jedoch jene Regulirungsarbeiten, welche eigentlich nur aus Rücksicht für die Sonderbedürfnisse bestimmter Flussanrainer gemacht werden. Derartige Dammbauten oder den persönlichen Wünschen dienende Durchstiche können beispielsweise auf die Ueberfluthung der ober- und unterhalb gelegenen Thalstrecken von nachtheiligstem Einflusse sein und den Schiffahrtsweg gänzlich verwildern.

Einheitliche Stromregulirung. Eine zweckentsprechende Regulirung muss daher einheitlich vorgehen und alle Gesichtspunkte ins Auge fassen, sie muss sich aber vor allem mit der natürlichen Gestaltung des Flussgerinnes befassen, diese eingehend untersuchen, die Regulirungswerke dem Gerinne anpassen, langsam und fortwährend, den Erfolg derselben beobachtend, fortschreiten und auch die Verbesserung der Zuflüsse miteinbeziehen.

Die Regulirung eines Stromes soll sich sowohl auf die Schaffung einer leistungsfähigen sicheren Schiffahrtsstrasse, als auch auf den möglichsten Schutz der Ufer gegen Hochwasser erstrecken.

Es müssen demnach die stark geschiebeführenden Nebenflüsse regulirt und Thalsperren angelegt, die im Strome befindlichen Geschiebeablagerungen regelmässig gestaltet und zu einer begrenzten, nicht veränderlichen Fahrstrasse für das gewöhnliche Niederwasser festgelegt, die Hochwässer und das Eis günstig abgeführt und endlich Bewässerungs- und Entwässerungsanlagen geschaffen werden.

Alle diese Fragen befriedigend zu lösen, ist aber, abgesehen von den Kosten, schon darum sehr schwierig, weil jeder Fluss seine eigenartige Verfassung hat und man daher die Erfahrungen, welche gelegentlich der Regulirungen anderer Flüsse gemacht wurden, nicht ohne weiteres und nur zum Theile allgemein anwenden kann.

Fahrt durch regelmässige Flusskrümmungen. Vom Standpunkte der Schiffahrt erscheint es vor allem nothwendig, jene Zustände des Flusses zu kennen, welche ihr eine möglichst gute Fahrstrasse sichern.

Die leichteste und regelmässigste Schiffahrt geht immer durch nicht zu scharfe, mit annähernd gleichmässigen Halbmessern aufeinanderfolgende Flusskrümmungen.

Digitized by Google

Wenn ein Zugdampfer, welcher seinen Anhang hinten am Schleppseile führt, mit gemässigter Maschinenkraft in derart gestaltete Krümmungen thalwärts einfährt, so muss er immer die Krümmung „hochanfahren", oder mit anderen Worten, der dem ausbiegenden Ufer vorgelagerten Sandbank scharf zusteuern, damit der Anhang nicht an das einbiegende Ufer ge-

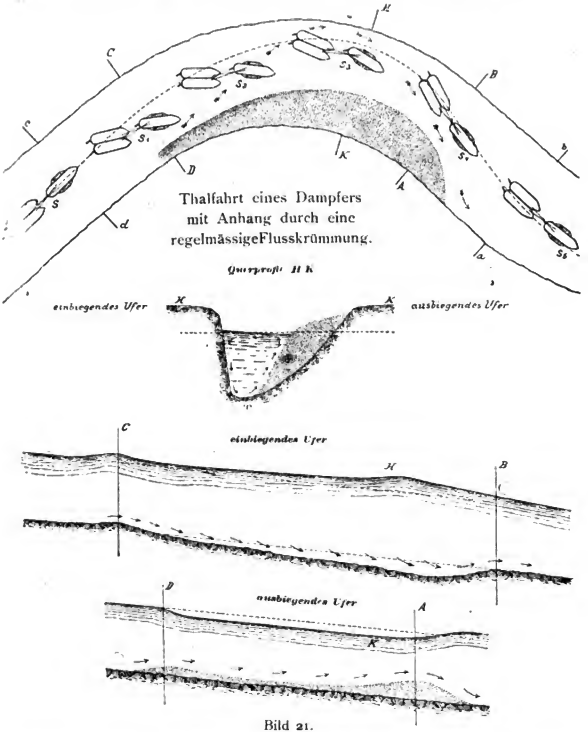


Bild 21.

schleudert werde. Trotz dieses schärfen Anfahrens wird sich aber der Schleppzug in der Krümmungsmitte ganz nahe am einbiegenden Ufer befinden und muss nun durch rasche Steuerung, oft unter gleichzeitiger Erhöhung der Maschinenkraft, bestrebt sein, gegen die Strommitte zu steuern, um das ausbiegende Ufer der nächsten Krümmung wieder in richtigem Kurse anfahren zu können.

Digitized by Google

Dieses Spiel wiederholt sich während der Durchfahrt durch alle Krümmungen und ist bei einiger Vorsicht die Schiffahrt in diesen ganz einfach und sicher. Dieselben Erscheinungen beobachtet man, wenn man sich mit einem Ruderschiffe oder Flosse durch die Thalströmung in die Krümmung treiben lässt. Im Bilde 21 ist die Schiffahrt in einer Flusskrümmung dargestellt. Der Dampfer S und sein Anhang wird bei deren Durchfahrt nacheinander die Lagen S, S_1, S_2, S_3, S_4 und S_5 einnehmen, und nur in der Lage S und S_5 sich in der Strommitte befinden. Trotzdem der Dampfer bei S_1 die Sandbank des ausbiegenden Ufers anfährt, wird er bei S_2 die ganze Maschinenkraft anwenden müssen, um den Anhang vom einbiegenden Ufer wegzubringen. Bei S_4 muss er aber von der Sandbank kräftig ablenken, um bei S_5 wieder die Strommitte zu erreichen und das gleiche Manöver zur Durchfahrt der nächsten Krümmung beginnen zu können.

Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, dass in jeder Flusskrümmung der Stromstrich vom ausbiegenden Ufer D an das einbiegende Ufer H geworfen wird, in der Krümmungshälfte bei H sich förmlich an das Ufer schmiegt und erst zwischen S_3 und S_4 wieder die Richtung gegen das Ende A der gegenüberliegenden Sandbank nimmt.

Die Donauschiffer sagen, die Sandbank oder der Haufen bei S_1, „tragt ab", während das Sandbankende bei S_4 „antragt". Erstere kann man „anfahren", von letzterem muss man „davonfahren".

Genau so wie die Schiffahrt in dieser Krümmung vor sich geht, ist auch das Strombett derselben gestaltet. Wenn man sich durch H K ein Querprofil gelegt denkt, so ergiebt sich Folgendes: Das tiefe, schwere Wasser fliesst langsam und gestaut bei H und wird bei diesem einbiegenden Ufer die Wasseroberfläche höher oder gleich hoch wie in der Strommitte und merklich höher als am gegenüberliegenden Sandbankufer sein. Die Stromfäden bewegen sich in der Stromrichtung und in der mit Pfeilen bezeichneten Richtung längs des tiefen Ufers hinab und waschen dieses bis zur Tiefe T aus. Die abgeschwemmten Ufertheilchen werden stromabwärts und quer über den Strom auf die Sandbank des ausbiegenden Ufers getragen und bleiben zum Theil auf der Sandbank zwischen K bis A liegen, zum Theil werden sie weiter flussabwärts abgelagert. Die Sandbank setzt sich zwischen S_3 und S_4 an und ist flach und zutragend, während sie von S_1 bis S_2 von der Strömung abgescheuert, hoch oder „schleusig" und abtragend ist.

Wenn man die Längenprofile C bis B des einbiegenden Krümmungsufers und D bis A des ausbiegenden Krümmungsufers aufzeichnet, so stellt sich die von den Stromfäden in der Längenrichtung des Stromstriches geleistete Arbeit in folgender Art dar: Die Sohle des einbiegenden Ufers wird von dem schweren Wasser in der Pfeilrichtung ausgewaschen, der Abbruch legt sich zum Theil auf die Sandbank um das ausbiegende Ufer, zum Theil erhöht er die Sohle der nächsten Flusskrümmung. Der Wasserspiegel ist längs des einbiegenden Ufers CB erhöht, in der Strommitte nahezu normal, längs des ausbiegenden Ufers DA gesenkt. An den Stellen, wo beim einbiegenden Ufer die grösste Stauung der Wasseroberfläche bei H ist, ist beim ausbiegenden Ufer bei K die grösste Wasserspiegelsenkung.

Digitized by Google

Solange der Boden und die Sohle beim einbiegenden Ufer keinen genügenden Widerstand gegen die Stosskraft der Stromfäden bieten, wird dieses Ufer immer mehr und mehr abgebrochen und die Flusskrümmung stärker. Dies geschieht solange, als der Stromstrich nicht seine äusserste Seitenrichtung bekommen hat, was dann eintritt, wenn das Erdreich des einbiegenden Ufers der Stosskraft der Strömung genügenden Widerstand bietet. Man sagt dann, der Stromstrich hat seine Beharrungsrichtung erreicht.

Fahrt zwischen Sandbänken. Die Art und Weise, wie durch die oben beschriebene Flusskrümmung gefahren wird, bildet des Schiffers Hauptregel; denn es ist gleichgiltig, ob die ein- und ausbiegenden Begrenzungen der Fahrbahn durch zwei Ufer, oder durch ein Ufer und eine Sandbank oder endlich im Strome selbst durch zwei oder mehrere Sandbänke gebildet werden.

Fahrt in stark gestreckten Krümmungen und Durchstichen. In derselben Weise, wie man auf die Gestaltung einer regelmässigen Biegung bei deren Durchfahrt schliessen kann, ist auch die Verfassung einer gestreckten Krümmung und selbst eines geraden Durchstiches durch die Schiffahrt genau erkennbar. Eine gestreckte Flusskrümmung zeigt Bild 22.

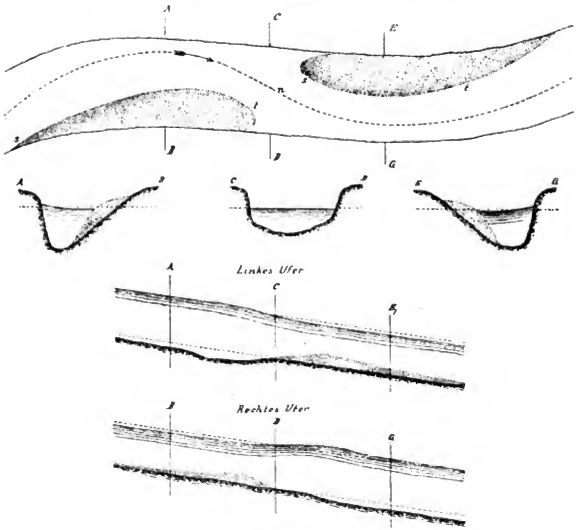


Bild 22. Fahrt durch eine gestreckte Krümmung.

Digitized by Google

Bei S sind die beiden Sandbänke schleusig und bei t flach. Bei A und G sind die tiefsten Stellen, in der Mitte von CD bei n die seichteste, eine Fuhrt. Die dazugehörigen Profile AB, CD und EG geben die unter dem Bilde dargestellten Schnitte. Die Längenprofile AE und BG veranschaulichen das linke und das rechte Ufer.

Die Lage der Sandbänke und den Thalweg in ganz geraden, regulirten Durchstichen wird der Schiffer ebenso leicht erkennen. Dieselben kennzeichnen sich in der im Bilde 23 dargestellten Gestalt. Der Schiffer muss bei Niederwasser auf diese zumeist in regelmässigen Entfernungen lagernden Sandbänke wohl achten und stets in der Richtung A B C D und niemals in der geradlinigen Kursmitte des Durchstiches a d fahren.

Bild 23. Fahrt durch einen Durchstich.

Allgemeine Fahrregeln. Diese Gestaltungen des Strombettes vor Auge gehalten, ergeben sich für den Schiffer bei Niederwasser folgende Fahrregeln: In der Thalfahrt immer in der stärksten Strömung fahren. In geraden, geschiebefreien Strecken, also in Stromengen und in jenen Stromstrecken, deren Uferbegrenzungen felsig sind, aus hartem Gestein und nicht angreifbarer Sohle bestehen, die Strommitte einhalten. Auf allen übrigen Strecken die ausbiegenden „abtragenden" Ufer oder Geschiebeablagerungen, also jedes Oberhaupt einer Sandbank und den schleusigen Theil derselben, das „Happ", anfahren, den einbiegenden „annehmenden" Ufern oder Geschieben, also den Sandbankenden, davonfahren.

In der Bergfahrt wird der Schiffer in gleicher Weise obige Regeln berücksichtigen, jedoch dabei die geringeren Strömungen auszunützen suchen.

Sanftgekrümmter Stromstrich. In regelmässig aufeinanderfolgenden Krümmungen wird demnach die Schiffahrt bei entsprechender Aufmerksamkeit ohne Störung vor sich gehen. Die Sohle besteht aus einer Reihe von aufeinanderfolgenden längeren oder kürzeren Haltungen, welche verhältnismässig tiefes Wasser, ein mässiges Oberflächengefälle haben und durch die einzelnen Geschiebeablagerungen, Fuhrte, getrennt sind, über welche der Abfluss wie über Wehre erfolgt.

Wenn das Querprofil durch diese Fuhrte auch uneben ist, so ist die Fahrbahn doch eine nahezu gesicherte, solange der Stromstrich über dieselben in sanfter Krümmung verläuft, weil dann über den Fuhrten immer genügend Wasser ist.

Solange also Flusskrümmungen und Sandbänke die in den Abbildungen 21 bis 23 gezeichneten Gestaltungen haben, bilden sie im allgemeinen gute Fuhrte und eine für die Schiffahrt günstige Fahrbahn.

Digitized by Google

Nehmen sie aber durch verschiedene Umstände und Störungen in der Stromgeschwindigkeit die in den Bildern 24 und 25 gezeichneten Formen an, so entstehen die die Schiffahrt hindernden Fahrbahnen.

Steiler Stromstrich. Kolken nämlich die einbiegenden Krümmungsufer steil aus und treten unregelmässige Geschiebeablagerungen dadurch auf, dass der Stromstrich plötzlich ohne Uebergang vom tiefen Ufer auf das gegenüberliegende oder umgekehrt überspringt, so erhöhen und verlängern sich die Ablagerungen und es entstehen Fuhrtschwellen mit zu geringen Wassertiefen.

Die Auskolkung der einbiegenden Krümmungen geschieht, wie schon erwähnt, durch die sich spiralförmig wirbelnden Stromfäden, immer von oben nach unten. Das einbiegende Ufer wird immer steiler und tiefer, während das gegenüberliegende Ufer, an welchem die Stromfäden sich in die Länge ziehen und eine geringere Gewalt haben, in sanfter Neigung das vom einbiegenden Ufer abgelöste Geschiebe ansetzen. Der Abbruch der Einbiegung und dessen Ablagerung quer zum Strome an der Ausbiegung dauert solange, bis die Sohle des Bruchufers eine solche Tiefe erreicht hat, dass die Geschiebetheilchen den Ablagerungskegel nicht mehr ersteigen können. Die das ausbiegende Ufer umlagernde Sandbank kommt nun in einen Beharrungszustand.

Kolkt aber das tiefe Ufer noch weiter aus, so lagert sich dieser Abbruch an einer weiter flussabwärts liegenden Stelle, wo der Stromstrich durch irgend einen Widerstand steiler an das andere Ufer geworfen wird, ab, und es entsteht eine neue Sandbank, wodurch sich im Flussbette zwei Fahrbahnen bilden.

Dieser Fall tritt überall dort ein, wo der Flussquerschnitt auffällig breiter als das gewöhnliche Niederwasserbett ist, daher in Ueberbreiten oder in auf zu breites Mittelwasserbett regulirten Strömen. Man sagt dann, der Strom hat zu grosse Normalbreiten. Der Stromstrich gräbt sich in diesem Falle innerhalb des ihm durch die Uferversicherung gewährten Raumes seinen eigenen, schlangenförmig gewundenen Thalweg, die Fahrtiefen dort bildend, wo er sich an ein Ufer anlehnt, Stromseichten dort bildend, wo er von einem Ufer auf das andere überspringt.

Schlechte Fuhrtbildungen. Wenn daher die Richtung des Stromstriches bei unregulirten Flüssen nicht gleichmässig und sanft ist oder derselbe durch Regulirungswerke in nicht entsprechender Richtung geleitet wurde, ferner bei allen nicht genügend widerstandsfähigen oder nicht versicherten Ufern, bei zu breiten, nur für das Mittelwasser regulirten Flussquerschnitten, werden die Geschiebeablagerungen und damit die Fuhrte, nicht die in den Abbildungen 21 bis 23 gezeichneten regelmässigen Formen annehmen. Es werden sich vielmehr an jenen Stellen, bei welchen der Stromstrich unvermittelt in steiler Richtung von einem Ufer auf das andere Ufer geworfen wird, bei Niederwasser die Ablagerungen verlängern, das untere Ende der stromaufwärts gelegenen Sandbank wird das obere Ende, das Happ, der flussabwärts gelegenen übergreifen und zur Bildung von schlechten Fuhrten führen. Die schlechten Fuhrten liefern aber alle Erschwernisse für die Schiffahrt, wie seichtes Wasser,

Digitized by Google

unregelmässige, oft heftige und wirbelbildende Strömungen und jähe Richtungsänderung der Fahrt, welche durch die beste Steuerung nicht mehr eingehalten werden kann. Ein Festfahren der Schiffe und, wenn die Sohle unrein, grobes Gerölle oder einen angesetzten rinnenden Baumstock enthält, Havarien sind die unvermeidliche Folge.

Steile und lange Fuhrt. Solche die Schiffahrt erschwerende Fuhrtschwellen sind in den Bildern 24 und 25 dargestellt. Die erstere nennt man eine „steile Fuhrt", die letztere eine „lange Fuhrt".

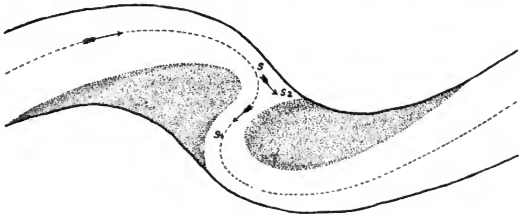


Bild 24. Steile Fuhrt.

Beide kann man durch die Seite 62 beschriebenen Rechenbaggerungen unschwer bis auf eine genügende Tiefe erhalten, solange der Stromstrich nicht gespalten und am oberen Ende der Schwelle eine noch genügende Stosskraft hat.

Beginnt sich jedoch der Stromstrich bei S in der Richtung des Pfeiles nach S_2 zu spalten (Bild 24) und will er dort ein Einrinnen bilden, so kann das obere Ende der Fuhrtschwelle mittels des Rechens nicht mehr erfolgreich vertieft werden, weil die nun wesentlich geringer gewordene Strömung zur Fortschaffung des durch den Rechenbagger aufgelockerten Geschiebes nicht mehr ausreicht.

Bild 25. Lange Fuhrt.

Donausandbänke. Im Donaustrome senken sich bei langsam fallendem Wasser die Rücken der Fuhrtschwellen in der Regel breit und genügend tief ab. Die Sandbänke „verlaufen sich" und bilden für die Schiffahrt unwesentliche Hemmnisse. Bei starker Anschwellung und darauffolgendem raschen Abfallen des Wassers werden jedoch die Höhenlagen der Schwellen ungleich-

Digitized by Google

mässig und es mehrt sich die Zahl der Fuhrte mit hochliegendem Rücken, weil das schnell kommende Hochwasser den Kies hoch bis über die mittlere Wasserstandshöhe der Sandbank hinaufschiebt.

Ragt nun eine solche Fuhrtschwelle nahe an die Oberfläche des Wassers, so staut sie das Wasser nach aufwärts und vergrössert das Gefälle nach abwärts, sie vermindert demgemäss die Geschwindigkeit des Wassers oberhalb, um sie unterhalb entsprechend zu vergrössern. Dann bildet diese Fuhrtschwelle wegen ihrer steilen Lage, wegen der über ihr stehenden geringen Wassertiefe und wegen der scharfen Strömung über ihren thalseitigen Abfall der Schifffahrt bei niedrigem Wasserstande Hemmnisse.

Ausbildung des Thalweges. Im Allgemeinen nimmt der Thalweg bei steigendem Wasser einen gestreckteren Lauf. Je flacher dieser wird, umso mehr biegt der Stromstrich von der Linie des stärksten Gefälles ab, verliert hierdurch an Stromkraft und kann die Geschiebe nicht mehr wie früher fortwälzen. Erst bei Niederwasser wird er sich dann wieder, an der schwächsten Stelle der Sandbank durchbrechend, annähernd seinen alten Weg schaffen.

Der Thalweg des Niederwassers kann ferner durch die Strömung der Fluthwelle eines Hochwassers, wenn diese den Stromstrich des Niederwassers unter einem genügend grossen Winkel trifft, verändert werden, wie dieses aus dem Bilde 26 klar wird.

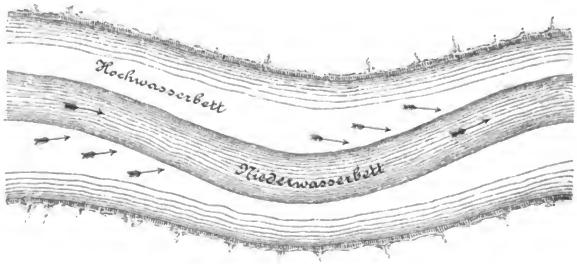


Bild 26.

Wenn diese Strömungen der Hochwasserwelle das Niederwasserbett an den in der Pfeilrichtung gezeichneten Stellen treffen, so werden in letzterem ähnliche Veränderungen wie in den Flusskrümmungen eintreten, es werden sich die einbiegenden Begrenzungen des Niederwasserbettes vertiefen, die ausbiegenden verseichten. Man findet deshalb nach jedem Hochwasser ein verändertes Niederwassergerinne und damit eine neue Fahrbahn, und ist es nothwendig, nach dem Ablaufe einer jeden Hochfluth die Fahrstrasse neu zu sondiren und zu bezeichnen, oder zu „vermalen".

Wenn die Ufer, zwischen welchen der Strom bei normalem Wasserstande läuft, überfluthet werden, so nimmt eben innerhalb der entstehenden seeartigen Ausbreitung der Stromstrich nach kurzer Zeit eine andere Richtung ein und ändert seine Geschwindigkeit. Je grösser die ausgetretenen Wassermassen

Digitized by Google

und ihre seitliche Ausbreitung im Verhältnisse zum Inhalte des bordvollen Gerinnes wird, umsomehr machen sich dann örtliche Einflüsse geltend. Wenn unterhalb der Ausbreitung eine plötzliche Verengung des Bettes folgt, stauen sich die anwachsenden Wassermassen an und der Stromstrich kann sich weitab von seiner früheren Richtung in eine einbiegende Krümmung des Ueberschwemmungsufers verlegen und eine Versandung des ursprünglichen Bettes verursachen.

Gleich starke Veränderungen des Thalweges treten auf, wenn sich das Niederwasser in zu breiten Flussquerschnitten, besonders in zu breiten, geraden Durchstichen fortbewegt. In solchen wandert dann der Niederwasserthalweg fortwährend stromabwärts, so dass nach gewissen Zeiträumen seine Tiefen dort sind, wo früher die Fuhrte waren, und umgekehrt.

Die Windungen des Niederwasserbettes werden um so gestreckter, je mehr man dasselbe einengt, und man wird deshalb einen Beharrungszustand für dieses, die eigentliche Schiffahrtsstrasse bildende Bett nur durch Führung des Stromstriches in einer künstlichen Einengung des Flussschlauches in der Breite des Niederwasserstandes, also durch Regulirung für Niederwasser erreichen.

Ein völlig unveränderliches Bett lässt sich natürlich durch keine Stromregelung erzielen. Es ist jedoch zum Zwecke einer unbehinderten Schiffahrt genügend, wenn der Thalweg nur innerhalb bestimmter Grenzen schwankt und über eine gewisse Höhe seine Fuhrtschwellen nicht auflagert, demnach den Schiffen immer entsprechende Tauchtiefen ermöglicht.

Niederwasserthalweg. Nach den Erfahrungen der Donauschiffer treten die grössten Aenderungen der Schiffahrtsstrasse oder des Niederwasserbettes bei rasch steigendem Wasser auf. Die Ablagerungen während des Anschwellens sind insbesondere dann stark, wenn der vordere Abhang der Fluthwelle steil ist. Während des Beharrungszustandes des Hochwassers selbst sind die Ablagerungen wesentlich geringer, wogegen dieselben beim Fallen des Wassers unmittelbar vor Eintritt des Niederwassers, wieder reichlich, während des Niederwassers jedoch am geringsten sind. Wenn dann letzteres in den Beharrungszustand kommt, bildet sich durch die Stosskraft der nun vereinigten Thalströmungen die eigentliche Niederwasserfahrstrasse aus, welche, wenn auch oft geringe, doch immer annähernd gleichmässige Tiefen hat und im Allgemeinen einen sicheren Schiffahrtsweg darstellt.

Die Erscheinung, dass sich bei andauerndem Niederwasser eine gleichmässige Fahrbahn ausbildet, ist leicht erklärbar. Denn wenn auch bei höherem Wasserstande die Stosskraft der Strömung stärker ist als bei Niederwasser, so übt sie ihre Arbeit im ganzen Hochwasser- oder Mittelwasserquerschnitt aus, während die geringere Stosskraft des Niederwassers, in engen Profilen zusammengefasst, mehr unmittelbar örtlich auf die Fuhrtschwellen wirkt, diese auswäscht, durchreisst und vertieft und hierdurch ein Bett schafft, welches bis zur nächsten grösseren Anschwellung des Stromes einen unveränderlichen Schiffahrtsweg bildet. Aus diesem Grunde haben auch die Fuhrte bei Niederwasser immer grobes Geschiebe, weil das auf demselben gelagerte feine

Digitized by Google

Geschiebe, Kies und Sand, vom Stromstrich des Niederwassers abgestossen wird und unterhalb der Fuhrte die Kolke ausfüllt.

Gestalt der Sandbänke. Es ist klar, dass ausser der Schwere und Grösse der Geschiebe und ausser ihrem mehr oder weniger festen nnd innigen Zusammenhange auch ihre Gestalt auf den Widerstand derselben gegen die Strömung von Einfluss ist. Die runden Steine werden von der Strömung leichter in Bewegung gesetzt als die eckigen, die flachen Kiesel schwerer als die eiförmigen. Liegt der flache Kiesel mit seiner kleineren Seite auf, so wird er leichter fortgetragen, als wenn er mit seiner abgeplatteten Fläche festsitzt. In geringer Strömung fällt er mit seiner schwereren glatten Fläche zu Boden. Wenn man bei abfallendem Wasser eine Kiesbank betrachtet (Bild 27), so liegen deshalb die Kiesel mit ihren flachen Seiten wie Dachziegel übereinander geordnet gegen die Strömung und bieten derselben einen grossen Widerstand. Eine derartige Kiesbank wird erst dann wieder in Bewegung gesetzt werden können, wenn der Stromstrich quer, also seitlich und unter den glatten Kiesseiten einwirkt.

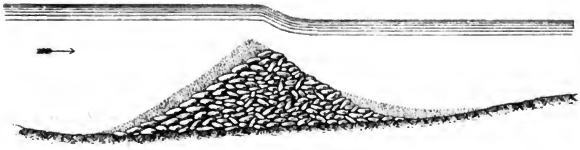


Bild 27.

Rechenbaggerung.*) Aus dieser Ursache muss man bei Rechenbaggerungen manche Fuhrtschwellen an der Seite und nicht von oben angreifen, um gegen die grossen glatten Seiten des festgelagerten Geschiebes ein entsprechend starkes Rinnen zu schaffen, wodurch dasselbe, seitlich und unter den glatten Flächen angegriffen, plötzlich in Lösung und Bewegung kommt.

Bei jeder Rechenbaggerung kann man übrigens das Auswaschen einer Fuhrtschwelle durch die Flussströmung am besten beobachten. Wenn der Dampfer mit seinem Rechen möglichst in der Richtung der Stromkraft nur eine schmale Rinne durchzieht, bilden sich sofort rechts und links derselben weitere kleine Rinnen, die rasch breiter und tiefer werden und die Fuhrtschwelle binnen einigen Stunden lockern und zur Abtragung bringen.

Durch Auflockerung des Flussgrundes mittels des Rechenbaggers werden im Donaustrome ganz bedeutende Ergebnisse erzielt. Das zuweilen geäusserte Bedenken, dass das gelockerte Material die Fahrrinne und dadurch den Stromstrich ändere und die Verfassung des Stromes an anderer Stelle störe, ist bei der geringen Menge des in Bewegung gebrachten Geschiebes umsomehr hinfällig, wenn man bedenkt, welche grossen Veränderungen der Stromstrich bei Hochwasser erfährt und welche Geschiebemassen er dann in Bewegung bringt.

*) Der Rechenbagger ist ein Dampfer, welcher mit einer der Egge ähnlichen Vorrichtung den Flussgrund auflockert. (Siehe Abschnitt 3.)

Digitized by Google

Bevor die Baggerrechen im Donaubetriebe eingeführt wurden, versuchten die Schiffer, unfahrbare Fuhrte dadurch zu überfahren, dass sie den beladenen Schlepp auf der Sandbank so festfahren liessen, dass dieser schräg gegen die grösste Strömung lag und nun wie eine mit ihrem Kopfe stromaufwärts liegende Buhne wirkte. Hierdurch wurde an der Stelle der Kiesbank, wo das Schiff aufsass, eine heftige Strömung erzeugt, diese in kurzer Zeit angegriffen und in derselben eine genügend breite Fahrrinne geschaffen. Der Schlepp, welchen man vorher stromaufwärts gut verankerte, wurde flott und der Dampfer konnte mit ihm und dann mit seinem übrigen oberhalb der seichten Stelle ausgelassenen Schleppanhang die nun vertiefte Fuhrt durchfahren.

Die Ruderschiffer suchen ihr ländgefahrenes Fahrzeug oft auch dadurch flott zu bringen, dass sie breite lange Bohlen hochkantig an den Bordseiten wie ein offenes Doppelthor aufstellen und hierdurch eine schwimmende Rinne schaffen, die stromaufwärts weit geöffnet, stromabwärts nur die Breite des Schiffes hat. In kurzer Zeit bildet sich in der Rinne und in ihrer Fortsetzung entlang dem Fahrzeuge die erforderliche Fahrtiefe.

Nicht selten tritt bei Niederwasser auch der Fall ein, dass nahezu das ganze Flussbett von einer Sandbank überquert wird, über welche das Wasser gleichmässig strömt und sich in einem ganz engen, gekrümmten Weg hindurchzieht. Infolge des Staues, den die Bank erzeugt, ist gewöhnlich auch an solcher Stelle ein merkliches Gefälle vorhanden. Wenn man nun mit dem Rechenbagger nur eine flache Rinne auflockert, so bildet sich hier eine stärkere Strömung als auf dem übrigen Rücken der Fläche. Infolge derselben tritt eine geringe Senkung des Oberwassers ein, hierdurch wird die Strömung zur Seite geschwächt und diejenige durch die Rinne in entsprechender Weise verstärkt. Die Rinne bildet sich vollständig aus und, wenn ihre Richtung passend gewählt war, so wird die stärkere Strömung während der niedrigen Wasserstände dieselbe verfolgen und Verflachungen darin verhindern.

Bei zunehmendem Wasser oder Hochwasser kann diese Rinne allerdings wieder verworfen werden und man findet nach seinem Abgange keine Spur der früheren Vertiefung und muss zu neuerlicher Baggerrechenarbeit schreiten. Immerhin kann aber bei intelligenter Handhabung des Baggerrechens während der Niederwasserzeit die Schiffahrt anstandslos aufrecht erhalten werden.

Feste und wandernde Sandbänke. Bei jedem Strome nimmt das Gefälle stromabwärts ab, die Tiefe in der Regel zu und werden die Querschnitte des Niederwasserbettes in demselben Verhältnisse stromabwärts immer breiter, gestreckter und gleichmässiger.

In den im Mittellaufe gelegenen grossen Flussbreiten finden durch aussergewöhnliche Hochwässer zeitweilig grössere Geschiebeablagerungen statt, welche vom Mittelwasser oder gewöhnlichen Hochwasser nicht mehr weiter getragen werden können. Diese Ablagerungen sind die grossen, unbeweglich bleibenden Sandbänke, beispielsweise die grossen Geschiebebänke im Donaustrom von Gönyö abwärts, welche selbst von der versammelten Strömung des Niederwassers wahrnehmbar nie angegriffen werden. An solchen Stellen haben deshalb die Rechenbaggerungen einen geringeren Erfolg, weil sie diese Geschiebemassen auch durch Schaffung eines breiteren Strömungs-

Digitized by Google

kanales nicht immer in Bewegung setzen können; solche Bänke müssen mittels Eimerbaggerung entfernt werden.

Es ist selbstverständlich, dass alle diese Geschiebeablagerungen bei den verschiedenen Wasserständen verschieden sind, daher die Erscheinungen auf einer und derselben Stromstrecke mit den Schwankungen des Wasserstandes wechseln.

Sowie im Oberlaufe die Geschiebebewegung im allgemeinen mit zunehmendem Wasserstande gleichmässig stärker wird, geschieht dieses auch bei dem abnehmenden Gefälle des Strommittellaufes durch den dort zunehmenden Wasserquerschnitt. Die Tiefe des Stromes nimmt dadurch zu und die durch die lange Wanderung schon verkleinerten und zerriebenen Geschiebe werden noch so lange weiter geschoben, bis sie infolge des schon zu geringen Gefälles endlich in Beharrungszustand kommen. Der Weg, den die Geschiebe in der stärkeren Strömung des Oberlaufes zurücklegen, ist demzufolge bei weitem grösser und wird rascher zurückgelegt als im Mittel- und Unterlaufe.

Das Wandern der Sandbänke auf der oberen Donau ist besonders bei höherem Wasserstande wahrnehmbar und bedeutend. Erfahrungen an Fuhrten gelegentlich von Rechenbaggerungen haben ergeben, dass Sandbänke während einer Nacht um 300 m stromabwärts getrieben werden. Die nach Ablauf einer Hochwasserwelle bei Niederwasser auf der oberen Donaustrecke an der gleichen Stelle erscheinende Sandbank ist deshalb nur scheinbar die vor dem Hochwasser dort gelegene; sie ist vielmehr schon weit stromabwärts gewandert und die an ihrer Stelle liegende hat sich nur auf dem groben und festen Grundgerölle der alten Bank neu gebildet und der auf dieser nun lagernde Kies und Sand stammt wieder von der nächst höher gelegenen. Man wird eben dadurch getäuscht, dass die Gestalt der neuen Sandbankbildung der früheren gleich erscheint.

Doch auch dieses ist nur Schein. Sowohl die festen, als auch die wandernden Bänke behalten nur in seltenen Fällen ihre gleiche Ausdehnung und Gestaltung, weil diese von der Höhe und der Dauer der Wasseranschwellung und von der Länge des vom Geschiebe zurückgelegten Weges, welche Umstände ja immer in verschiedener Grösse auftreten, abhängig sind.

Wenn durch eigenartiges Zusammentreffen dieser Umstände eine bekannte Geschiebeablagerung an Ausdehnung besonders zunimmt, so entsteht sogar die irrige Ansicht der Schiffer, dass sich die Sandbank stromaufwärts verschoben habe. Dies ist jedoch nie der Fall.

Regelmässige Geschiebeplätze. Für die Schiffahrt ist es unerlässlich, dass die Wanderplätze der Sandbänke in möglichst regelmässigen Entfernungen von einander liegen oder dort, wo dieses nicht zutrifft, diesen bestimmte Geschiebeplätze durch entsprechende Regulirungswerke angewiesen werden.

Am beständigsten sind die Geschiebeplätze in abwechselnd ein- und ausbiegenden Flusskrümmungen oder in solchen Stromstrecken, in welchen die Krümmungen sich, allmählig verlaufend, den geraderen Abschnitten anschmiegen und in diese in sanften Bogen übergehen. Derartige Gestaltungen von Stromtheilen bilden immer eine gute Fahrbahn, vorausgesetzt, dass die Strombreiten entsprechend breit und annähernd gleich bleiben.

Digitized by Google

Unvermittelte, steile Uebergänge, wechselnde Strombreiten, zu kurze oder zu lange Krümmungen geben dagegen keine regelmässigen Wanderplätze und daher auch eine fortwährend wechselnde Fahrstrasse.

Eines der wichtigsten Erfordernisse der Stromverbesserung zum Zwecke der Schiffahrt besteht daher in der Rücksichtnahme auf die Geschiebeführung eines Flusses. Um eine bestmögliche Schiffahrtsstrasse zu schaffen, muss man dafür sorgen, den Geschieben bestimmte Ablagerungsplätze anzuweisen, stockende Geschiebe in entsprechende Bewegung zu bringen, hierbei aber immer die Stromgeschwindigkeit innerhalb der für eine wirthschaftliche Schiffahrt zulässigen Grenzen zu halten.

Man darf deshalb in das naturgemässe Walten des Flusses nicht durch Schaffung eines unnatürlich gestreckten Laufes des Flussbettes gewaltsam und daher schädlich eingreifen, sondern man soll den natürlich sich schlängelnden Lauf des Flussgerinnes, so weit als nur möglich, beibehalten und nur solche Krümmungen verbessern, welche dem Abflusse des Hochwassers oder dem Abgange des Eises schädlich sind.

Starke Stromstreckungen, Durchstiche. Geradelegungen und Durchstiche soll man aber nach den Erfahrungen, welche man auf der österreichischen Donau, am oberen Rhein, insbesondere aber auf der Theiss gemacht hat, entschieden vermeiden. Je mehr der natürliche Flusslauf gerade gestreckt und verkürzt wird, um so ungleichmässiger und grösser wird sein Gefälle und um so geringer seine Tiefe. Wird durch die Kürzung des Flusslaufes die Stosskraft des Wassers vergrössert, so bilden sich stromaufwärts so lange Eintiefungen, bis die feste Beschaffenheit der Sohle solche nicht mehr zulässt. Am oberen Ende dieser vertieften Flussstrecken entstehen aber dann die die Schiffahrt erschwerenden Stromschnellen. Stromabwärts werden dagegen wieder Ablagerungen und Erhöhungen der Sohle stattfinden, insolange nicht wieder der neue Beharrungszustand eingetreten ist. Beide Fälle sind also für die Schiffahrt ungünstig.

In jedem Versuche, dem Strome einen geradlinigen Verlauf zu geben, liegt daher der Keim des Misslingens. Für die Schiffahrt ist dieses um so nachtheiliger, weil dadurch nicht nur das Gefälle vergrössert, sondern durch den geradlinigen Zwang auch der Stromstrich fortwährend von einem Ufer zum anderen hinübergeworfen und unregelmässig wird, wodurch die stets wechselnden unsicheren Fahrbahnen entstehen. Die Stromregulirungen sollten aber gerade das Gegentheil zu erreichen suchen.

Donaudurchstich bei Wien. Dass übrigens durch eine Geradestreckung eines Flusslaufes nie ein gleichmässiges Stromprofil erreicht werden kann, beweist der Donaudurchstich bei Wien. In diesem 17 km langen, nahezu geraden Durchstiche zählt man nicht weniger als zehnmaliges Ueberspringen des Stromstriches von einem Ufer zum anderen. Es hat sich daher in diesem durch fortlaufende geradlinige Parallelwerke eingeschränkten Profile, durch den Abfluss der Hochwässer und das Wandern der Geschiebe, ein vollständig unregelmässig gewundener Thalweg gebildet und muss nun in demselben durch Niederwasserbauten ein festes unveränderliches Niederwasserbett geschaffen werden.

Digitized by Google

Erhaltung der Flusskrümmungen. Bei geschiebeführenden Flüssen sollen daher die natürlichen Krümmungen beibehalten, diese nur festgelegt und ausgebaut werden, die günstigen, regelmässigen Ablagerungen, über welche die Schiffe ohne Schwierigkeit fahren können, erhalten, ungünstige Ablagerungen aber in für die Schiffahrt günstige Uebergänge umzuwandeln gesucht werden. Allzu scharfe Krümmungen, welche zwar immer eine genügende Tiefe, jedoch eine zu schmale und schwierige Durchfahrt haben, sind in entsprechend sanftere Bogen zu überführen. Gestreckte Krümmungen mit grossem Halbmesser und grösserer Breite in den Scheiteln als an den Enden sind, weil diese den besten und unveränderlichsten Schiffahrtsweg bilden, beizubehalten. Flusskrümmungen, welche am Scheitel weniger breit als an den Enden oder am Krümmungsübergange sind, geben eine ungünstige Fahrbahn und sind daher im Scheitel entsprechend breiter zu gestalten, damit sich annähernd gleiche Fahrbreiten ausbilden.

Alle Krümmungen sollen aber so hohe Ufer haben, dass das gewöhnliche Hochwasser aus denselben nicht austrete, dass also auch der Hochwasserstromstrich der Krümmung folge und keine zu grossen Störungen des Niederwasserbettes verursache.

Beobachtung der Stromverfassung. Um aber die natürliche Gestalt eines Flussbettes zu erkennen, ist es vor allem nothwendig, seinen Geschiebe- und Wasserabfluss genau und während eines langen Zeitraumes zu beobachten und die regelmässig eintretenden natürlichen Veränderungen des Bettes wahrzunehmen. Bevor man diese natürliche Verfassung des Stromes nicht vollkommen inne hat, schreite man nicht zu künstlichen Umgestaltungen seiner Rinne, weil gewaltthätige Regulirungseingriffe in die natürliche Gestaltung eines Flussbettes sein naturgemässes Beharrungsbestreben nur stören.

Niemals wird sich ein Strom dem aus zahllosen Bettquerschnitten berechneten trapezförmigen Normalprofil mit wagerechter Sohle anpassen, sondern immer wieder die seinen jeweiligen Verhältnissen entsprechenden muldenförmigen Querschnitte annehmen, und nur eine unbefangene Beobachtung der natürlichen Ereignisse kann zur Bestimmung richtiger Querprofile führen. Auf der österreichischen Donaustrecke hat man beispielsweise die Flusskrümmungen durch mächtige und kostbare, oft 50 m vom natürlichen Ufer in das Strombett gelegte Parallelwerke gewaltsam gestreckt. Hätte man aber die ursprünglichen einbiegenden Ufer beibehalten und nur gesichert, so wäre durch die natürliche Geschiebeablagerung an den ausbiegenden Ufern das der Verfassung des Stromes entsprechende Querprofil nach und nach von selbst entstanden und es wären unmöglich jene grossen Mengen von Sohlengeschieben künstlich in Bewegung gebracht worden, welche derzeit oft die Fahrrinne verlegen.

Schiffererfahrung. Es ist ein alter Erfahrungssatz des Donauschiffers, dass:

„in Flusskrümmungen immer genügend Fahrtiefe und eine „blinde" Fahrt ist, dass kurze, steile und schmale Krümmungen immer vorsichtig befahren

Digitized by Google

werden müssen und dass gerade Strecken und Ueberbreiten die grösste Umsicht erheischen".

Diese praktischen Schiffererwägungen und die Erfahrungen auf der österreichischen Donau wurden bei der Regulirung der ungarischen oberen Donaustrecke, von Dévény bis Gönyö, von den damaligen massgebenden Technikern, trotzdem bei Bestimmung des Regulirungsentwurfes die Freunde der geraden Linien in der Mehrheit waren, beherzigt und angewendet und haben zu einem erfolgreichen Ergebnisse geführt.

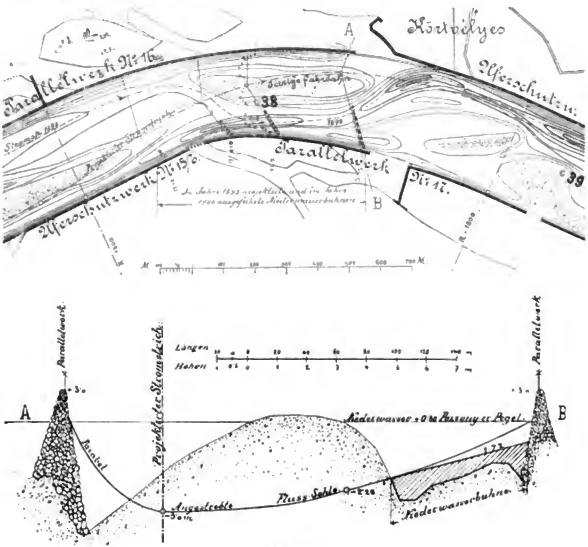


Bild 28.

Und auch auf dieser Donaustrecke sind die Normalbreiten rücksichtlich des Niederwassers zu gross und bilden sich hierdurch zu hohe Fuhrtschwellen, welche man derzeit durch weiteren Einbau von Niederwasserwerken zu vertiefen sucht. Eine zu diesem Zwecke bei Körtvélyes durchgeführte Niederwasserregulirung ist im Bilde 28 dargestellt.

Schiffahrtshindernisse der Donau. In folgender Zusammenstellung sind die Abmessungen des Donaustromes, sein streckenweises Gefälle und die Stromgeschwindigkeiten bei gewöhnlichem Wasserstande (Mittelwasser), sowie die hauptsächlichsten Schiffahrtshindernisse beschrieben.

Digitized by Google

Strecke	Länge in Kilometern	Breite in	Regulirungs-Normalbreite	Tiefe		Gefälle auf je 1000	Stromgeschwindigkeit
				Geringste	Grösste		
		Meter					
Regensburg bis Winzer	113	von 80 bis 330	175	0,80	6,40	0,206 bis 0,217	1,00
Winzer bis Passau	40	von 100 bis 400	175	0,95	7,60	0,390	1,32 bis 2,00
Passau bis Jochenstein	23	von 144 bis 400	230	1,40	6,40	0,410	2,00
Jochenstein bis Obermühl	25	von 175 bis 500	230	2,50	9,50	0,337	2,21
Obermühl bis Linz	44	von 152 bis 800	350	1,25	9,50	0,316 bis 0,574	2,00
Linz bis Grein	58	von 155 bis 600	350	1,25	5,00	0,337 bis 0,833	2,20
Grein bis St. Nicola	3	von 72 bis 190	350	1,10	7,50	0,250 bis 0,710	2,50 bis 3,50
St. Nicola bis Pöchlarn	30	von 133 bis 395	350	1,40	7,50	0,406	2,15
Pöchlarn bis Stein	43	von 101 bis 800	340	1,50	8,80	0,469 bis 0,485	2,26
Stein bis Traisenmündung	15	von 195 bis 500	350	1,40	5,30	0,356 bis 0,510	2,24
Traisenmündung bis Tulln	25	von 365 bis 500	350	1,60	9,00	0,332 bis 0,550	2,22
Tulln bis Wien	35	von 174 bis 600	350	1,20	8,20	0,458 bis 0,532	2,50

Digitized by Google

Schiffahrtshindernisse und Beschaffenheit des Strombettes

Gleichmässiges Flussbett mit vielen Krümmungen.

Durchbruch *(Hofkirchner Gehächel)*.
Felsiges Flussbett; die Verbesserung des Fahrwassers durch Aussprengen und Schaffung eines Niederwasser-Profiles in 80 Meter Breite ist geplant.

Stromtheilung durch einige Inseln und Sandbänke. Flussbett grobschottrig. Bei Schildorf felsiges Bett.

Unterhalb Jochenstein einige Felsen unter Wasser. Vom Regensburgerhaufen bis Obermühl zweifache starke Strombiegung, wovon die erste beim Orte Schlögen der Schiffahrt durch ihre scharfe Krümmung hinderlich ist.

Unterhalb Aschach bis gegen Brandstadt das Kachlet (Gehächel) mit sehr grobem Schotter, unter welchem grosse Steine und Felsblöcke liegen. Derzeit das bedeutendste Schiffahrtshindernis der Donau bei Niederwasser.
Unterhalb Brandstadt fliesst der Strom in Windungen zwischen Kiesbänken; am linken Ufer das sogen. Herrgott-Kachlet mit einigen grossen Felsstücken. Oberhalb Linz bei Puchenau einzelne bei Niederwasser sichtbare Felsenriffe.

Von der Steyeregger Brücke bis Mauthausen ist die Schiffahrt bei Niederwasser durch die Untiefen bei der Traunmündung und Enghagen beeinträchtigt. Der Strom windet sich durch zahlreiche Kiesbänke, wodurch die Fahrrinne eingeengt wird. Bei Wallsee ein die Schiffe gefährdender Schwall. Unterhalb Wallsee windet sich der Strom durch Inseln und Kiesbänke bis Ardagger, von wo an derselbe durch das vortretende Gebirge eingeengt wird.

Greiner Schwall mit starken Wechselströmungen.
Struden: Felsiger Grund, bei Niederwasser schmale Fahrrinne. Nach Durchfahrt des Kataraktes sehr scharfe Biegung. Am Anfange des Strudens theilt sich der Strom bei höherem Wasser in zwei Arme, wovon der eine, Hössgang benannt, bei Niederwasser fast trocken ist. Regulirung des Strudens der Beendigung nahe. In Strudenausfahrt 3,50 m Stromgeschwindigkeit
Die ausgesprengte Fahrrinne ist 80 m breit. Gleich unterhalb des Strudens biegt der Strom nach links über die heute minder gefährlichen Wirbel und Wechselströmungen des ehemaligen Wirbels bei Hausstein. (Siehe Bild Seite 40)

Unterhalb Ybbs, eine grosse Felsenscheibe in starker Krümmung, weiter abwärts eine Gruppe Felsenklippen am Ufer. Bei Pöchlarn Stromtheilungen durch einige Inseln.

Mehrfache Stromtheilung durch Sandbänke und Inseln. Das Fahrwasser engt sich stellenweise stark ein. Unterhalb der Pillachmündung Steingerölle, bei Aggsbach ein Schwall. Bei Weissenkirchen, Loiben, Mautern felsiger Grund.

Mehrere Sandbänke, grössere Windungen des Stromstriches. Bei Hollenburg zwei, die Schiffahrt störende Felsen.

Mehrere Sandbänke und Inseln. Oberhalb der Tullner Brücke verwildertes Strombett.

Bei Tulln stark veränderliche Versandung bei der Brücke, daher wechselnde Fahrrinne. Weiter stromabwärts bis Langenzersdorf viele Sandbänke und Inseln mit fortwährend sich änderndem Stromstrich und mehreren Untiefen, welche bei rasch fallendem Wasser die Schiffahrt hindern. Der Stromdurchstich bei Wien wird derzeit für Niedrigwasser regulirt.

Digitized by Google

Strecke	Länge in Kilometern	Breite in	Regulirungs-Normalbreite	Tiefe		Gefälle auf je 1000	Stromgeschwindigkeit
				Geringste	Grösste		
		Meter					
Wien bis Dévény.	50	von 150 bis 450	380	1,20	7,90	0.417 bis 0,511	2,20
Dévény bis Ásvány.	71	von 350 bis 500	300 bis 380	1,40	8,20	0,211 bis 0,392	2,10
Ásvány bis Gönyö und Komárom.	50	von 260 bis 600	380 bis 450	2,00	8,20	0,200	2.00
Komárom bis Esztergom (Gran).	48	von 330 bis 900	450	2,20	10,10	0,047 bis 0,090	0,98
Esztergom (Gran) bis Szt. Endre, Inselhaupt.	27	von 270 bis 1000	450	2,00	6,90	0,068 bis 0,052	1,15
Szt. Endre Inselhaupt bis Budapest	45	von 250 bis 1000	450	2,00	7,90	0,068 bis 0,063	1.01
Budapest bis Duna-Földvár.	85	von 250 bis 1000	450	2,00	11,00	0.063 bis 0,089	1,15
Duna-Földvár bis Baja.	95	von 280 bis 900	450	1,80	14,00	0,079 bis 0,084	0,90
Baja bis Mohács.	31	von 200 bis 1500	450	3,40	12,00	0,068 bis 0,041	0,79
Mohács bis Bezdán.	27	von 190 bis 2000	450	3,50	12,00	0,031 bis 0,053	0 77
Bezdán bis Apatin.	35	von 210 bis 2000	450	3,70	14,00	0,105	0,75
Apatin bis Vukovár.	64	von 240 bis 2000	450	2,60	15,00	0,090	0,70
Vukovár bis Ujvidék. (Neusatz)	83	von 230 bis 200	450	2,00	14,00	0,063	0,72
Ujvidék bis Zimony (Semlin).	84	von 400 bis 3000	600	2,50	15,80	0,047	0,70
Zimony (Semlin) bis Báziás.	102	von 450 bis 3000	700	2,80	18,00	0,042	0,90
Báziás bis Moldova	25	von 300 bis 1368	700	3,50	17,06	0,021	1,02

Digitized by Google

Schiffahrtshindernisse und Beschaffenheit des Strombettes.

Versandungen bei Fischamend, Orth, Wildungsmauer und Regelsbrunn. Bei Hainburg felsiger Grund.

Strecke Dévény-Pozsony (Pressburg) einige Stellen mit steinigem Grunde. Die zahlreichen, früher vorhanden gewesenen Inseln, Sandbänke und Untiefen sind durch Regulirung zum grössten Theile beseitigt. Derzeit erfolgt der feinere Ausbau für Niederwasser.

Selten wechselnde Versandungen, wenige Inseln, allmählige Verbreiterung des Strombettes.
Unterhalb Gönyö theilweise grobes Geschiebe.

Bei Táth und Ebed Untiefen bei Niederwasser.

Bei Helemba seichte Stelle.

Theilung des Stromes in zwei Arme, beide schiffbar.

Das Fahrwasser zum Theil durch Kiesbänke beengt.

Mehrere Kiesbänke und Inseln.
Der Strom geht in grossen Krümmungen, von welchen einige durchstochen sind.

Inseln, Sandbänke und Krümmungen.

Strom geht in grossen gleichmässigen Krümmungen. Einige Durchstiche.

Grosse Inseln und Stromkrümmungen.
Bei Vörösmart seichtere Stelle.

Durch grössere Inseln, Theilung des Hauptstromes. Kiesbänke und Gruppeninseln vor der Draumündung.

Viele Inselbildungen. Steinkugeln an der Bukiner Ecke. Starke Versandungen bei Palánka mit wechselndem Stromstrich, zumeist mit scharfen Krümmungen und enger Passage. Die hölzerne Schiffsbrücke bei Ujvidék behindert die Schiffahrt.

Unterhalb Ujvidék Mauerreste im Fahrwasser. Grosse Inseln und mächtige Schotterablagerungen. Oberhalb der Theissmündung bei Slankamen bei Niederwasser langgestreckte Untiefen, gegen das rechte Ufer felsiger Grund.

Unterhalb Zimony (Savemündung) mächtige Schotterablagerungen. Längs der ganzen Strecke grosse Inseln.

Grosse Inseln und Sandablagerungen.

Digitized by Google

Strecke	Länge in Kilometern	Breite in	Regulirungs-Normalbreite	Tiefe		Gefälle auf je 1000	Stromgeschwindigkeit
		Meter		Geringste	Grösste		
Moldova bis Drencova	33	von 230 bis 5680	700	1,80	10,11	0,081 bis 0,280	von 1,20 bis 2,00
Drencova bis Orsova	62	von 180 bis 2020	Die ausgesprengten Kanäle in den Katarakten sind 60 Meter breit	Bei Nullwasser am Pegel in Orsova können Schiffe derzeit mit 0,60 Meter Tauchung verkehren		Kozla-Dojke 0,488 auf 4495m Länge. Izlas-Tachtalia 0,191 auf 1745m Länge. Greben 1,180 auf 1536m Länge. Jucz, oberer Sturz 1,661 auf 1555 m Länge. Unterer Sturz 0,322 auf 2333 m Länge Kazan-Orsova 0,022 bis 0,168	1,60 bis 4,00
Orsova einschliesslich dem Eisernen Thor bis Turn-Severin	22	von 500 bis 1150	—	Bei Nullwasser am Pegel in Orsova können Schiffe derzeit mit 1,00 M. Tauchtiefe verkehren		auf 2010m Länge 2,113	2,50 bis 5,00

Digitized by Google

Schiffahrtshindernisse und Beschaffenheit des Strombettes

Unterhalb Alt-Moldova beginnt der bis Sip 104 Kilometer lange Durchbruch des Donaustromes durch die südliche Kette der Karpathen.

Die knapp an den Strom herantretenden hohen Gebirgsabhänge verengen mehr oder weniger das Flussbett, und die in demselben befindlichen acht Felsbänke verursachen Stauungen und eine ungleiche Vertheilung des Gefälles.

Bei Moldova Stromtheilung. Am Ende derselben in Mitte des Stromes befindet sich das Felsenriff „Babakaj", welches das Fahrwasser einengt.

Unterhalb Bernica die 650 Meter lange Felsenbank „Stenka". Der dort hergestellte Kanal ist 60 Meter breit, 1900 Meter lang.

Bei Drencova beginnt die eigentliche Strecke der Katarakte. Das Flussbett ist an vielen Stellen theilweise, an anderen der ganzen Breite nach, von Felsbänken durchzogen. Diese Stellen wurden früher einer Regulirung nur insofern unterzogen, als man durch Absprengen der am meisten vorstehenden Felsspitzen eine gerade Fahrrinne zu erzielen suchte. Die Katarakte waren von jeher für die Schiffahrt das grösste Hinderniss im ganzen Stromlaufe. Die vielen Wirbel und grossen Wechselströmungen, sowie die starken Windungen der Fahrrinne über die Katarakte waren für die Schifffahrt gefährlich, sind aber durch die ausgeführte Regulirung zum Theile beseitigt.

Unterhalb Dobra Einengung des Strombettes durch beiderseitige Gebirgsabhänge bis zu 322 Meter. Hierauf folgen die Felsbänke „Kozla" und „Dojke". Der regulirte Kanal Kozla-Dojke ist 60 Meter breit und 3500 Meter lang.

Nahezu 10 Kilometer weiter abwärts liegen fast in der ganzen Ausdehnung der 416 bis 948 Meter breiten Strombettsohle die beiden zusammenhängenden Felsbänke „Izlás" und „Tachtalia". Der hier geschaffene Kanal ist 60 Meter breit, 4000 Meter lang.

Gleich unterhalb dieser Felsbänke liegt am rechten Ufer der Bergvorsprung „Greben", welcher den Strom bei kleinem Wasserstande auf 210 Meter einengt.

Auch hier befindet sich eine 450 Meter lange Felsbank, welche heftige Wirbel und Gegenströme erzeugt. Die grosse Erweiterung des Flussbettes hinter und unterhalb der Bergnase „Greben" ist gegenwärtig durch einen, gegen Milanovac sich hinziehenden Steindamm (6 Kilometer lang) abgesperrt, wodurch der Strom aufgestaut wurde. Am „Greben" ist die Strömung überaus stark, über 4 m in der Sekunde und erfordert für den Schleppzug grosse Maschinenkraft.

12 Kilometer unterhalb „Greben" wird das Strombett bei „Jucz" abermals von einer Felsbank durchquert. Der hier für die Schiffahrt quer zur Strömung, daher *ungünstig* angelegte Kanal ist 60 Meter breit und 1340 Meter lang. Ausmündung derzeit verschottert.

Von „Jucz" abwärts bis Ogradina liegt der lange Gebirgsengpass „Kazan", in welchem die Donau an zwei Stellen bis zu 180 Meter eingeengt wird und deren felsiges Bett bis 54 Meter tief ist.

Alle Kanäle sind auf 2 Meter unter Nullwasser ausgesprengt, nachdem jedoch zwischen den Enden der Kanäle noch viele Klippen in den zumeist gekrümmten (noch nicht regulirten) Fahrbahnen bestehen, kann diese Strecke mit 2 Meter Tauchtiefen erst bei einem Pegelstande von + 1,40 Orsova befahren werden.

Donautheilung durch die Insel „Ada Kaleh"; bei Mittelwasserstand beide Rinnen fahrbar.

Das sogenannte „Eiserne Thor" bildet den grössten der Donau-Katarakte und die stärkste Stromschnelle. Das Strombett ist hier durch eine fast 2 Kilometer lange Felsbank der Breite nach durchzogen. Vom rechten Ufer aus auf $^2/_3$ der Strombreite reicht die Felsbank Prigrada. Sie ragt bei kleinstem Wasserstand 3 Meter über den Wasserstand und sperrt das rechtsseitige Strombett gänzlich ab. Diese Felsbank ist selbst bei hohem Wasserstande nicht überfahrbar; von derselben wird das Wasser in die durch kleinere Riffe noch mehr beengte Stromrinne am linken Ufer gedrängt und bildet dort Wirbel und Gegenströmungen, sowie den grössten Wassersturz.

Am rechten Ufer befindet sich der offene Schiffahrts-Kanal, 2200 Meter lang, mit 73 Meter Sohlenbreite und bei Nullwasser 3 Meter tief, mit einer Strömung von über 5,00 m in der Sekunde.

Unterhalb des „Eisernen Thores" mehrere kleine Inseln und Verbreiterung des Flussbettes. Die Stromgeschwindigkeit wird immer geringer, so dass sie bei Turn-Severin im Mittel nur mehr 0,60 Meter beträgt.

Digitized by Google

Strecke	Länge in Kilometern	Breite in	Regulirungs-Normalbreite	Tiefe		Gefälle auf je 1000	Stromgeschwindigkeit
				Geringste	Grösste		
		Meter					
Turn-Severin bis Sulina	939	von 700 bis 7300	—	2 50	20,00	Sehr gering und gleichmässig 0,0337	0,50 bis 1,05
Ganze Stromlänge von Regensburg bis Sulina	2432						

Digitized by Google

Schiffahrtshindernisse und Beschaffenheit des Strombettes

Allmählige Erweiterung des Strombettes und des Fahrwassers, geringe Strömung. Zahlreiche Inseln und Sandbänke, welche aber der Schiffahrt, mit Ausnahme einiger Untiefen bei Niederwasser, nicht hinderlich sind.

Bei Turn-Severin Mauerreste der Pfeiler der römischen Trajansbrücke. Die Pfeiler liegen unter Wasser, 70 Meter von einander entfernt.

Zahlreiche Inseln und Sandbänke theilen den Strom, die meisten Flussarme sind fahrbar. Bei Lompalanka liegen Felsblöcke, bei Aliman, linkes Ufer, ein Wrack. Bei Popadia, unterhalb Rahova, bei den Inseln Kalnovec, linkes Ufer oberhalb Nicopoli, je ein Wrack.

Flamunda, ein Wrack neben der Fahrbahn. Nach den Inseln Persina, Zweitheilung der Donau. Einengung der Fahrrinne, am linken Ufer ein Wrack.

Unterhalb Sistov zwei, Rustschuk Strommitte ein Wrack.

Bei Silistria Theilung der Donau in den Hauptarm rechts und Borcea-Kanal links. Im Hauptstrom daselbst mehrere Inseln und Sandbänke. Fahrwasser nach Ostrov hat bei Niederwasser Untiefen.

Bei Ostrov zwei und unterhalb Ostrov ein Wrack neben dem Fahrwasser.

Bei Hirsova rechtes Ufer einige Felsen.

Unter Hirsova Vereinigung des Hauptstromes mit dem Borcea-Kanal.

Unterhalb Giorgeni Theilung der Donau in den Hauptstrom und Matschiner Arm. Am Eingang des Hauptstromes ein Wrack.

Unterhalb Braila Zusammenfluss des Hauptstromes mit dem Matschiner Arm. Gegen die Ausmündung des letzteren ein Wrack am rechten Ufer.

Von Braila bis Sulina ist der Strom mittels mächtiger, tiefer Durchstiche für die grössten Seeschiffe regulirt.

Digitized by Google

3. Abschnitt.

Schiffbarmachung von Flüssen und Stromregulirungen.

Linienführung. Die Mittel, durch welche ein Fluss schiffbar gemacht oder ein Strom regulirt wird, sind mannigfaltig. Die Aufgabe dieser Veröffentlichung ist es nicht, diese rein bautechnische Seite eingehend zu beschreiben; es sollen nur die Linienführung und die Hauptgrundsätze, nach welchen vorzugehen ist, sowie die zu deren Ausführung nothwendigen Bauwerke in Kürze erörtert werden.

In Bezug auf die Linienführung der Ufer ist zu bemerken, dass, wenn man bei einem verwilderten Strome gezwungen ist, die natürlichen Ufer zu verlassen, man den im Bette liegenden Inseln und den festen Sandbänken möglichst zu folgen sucht, weil hierdurch kostspielige Tiefbauten vermieden werden.

Flussquerschnitte. In Bezug auf die Bestimmung der Querschnitte ist zu bemerken, dass diese streng nach Massgabe der natürlichen Ausbildung der Strombreiten auf den verschiedenen Stromstrecken angelegt werden müssen. Es dürfen keine zu breiten Profile festgelegt werden, da sich ja innerhalb derselben der Fluss nach kurzer Zeit wieder ein anderes Bett schafft.

Die Flussbreiten nehmen gegen die Mündung hin stetig zu, weil, je mehr sich ein Fluss dem Meere nähert, seine Wassermenge durch die Zuflüsse grösser wird, das Gefälle abnimmt und das Geschiebe sich verringert. Es werden sich demnach die Regulirungsquerschnitte im Oberlaufe enger, im Mittellaufe breiter und im Unterlaufe am breitesten ergeben.

Derselbe Grundsatz gilt selbstverständlich auch in dem Falle, als der Fluss ausser für Mittelwasser auch noch für Niederwasser geregelt wird. Der Strom wird dann ein zweifaches und, wenn auch das Hochwasser begrenzt wird, ein dreifaches Profil erhalten.

Stromverbesserung. Regulirung. Nachdem es sich bei der Schiffbarmachung eines Flusses oder bei seiner Verbesserung zum Zwecke der Schiffbarkeit darum handelt, eine entsprechende und unveränderliche Lage der Fahrrinne beim gewöhnlichen niederen Wasser zu erhalten, so besteht die Regulirung aus einer künstlichen Lenkung und Festlegung des natürlichen Flussbettes zum Zwecke der Schaffung eines beständigen Thalweges mit gleichbleibender Richtung des Stromstriches und Erhaltung der Strömung an den nämlichen Uferstellen.

Digitized by Google

In der Regel hat eine Stromverbesserung damit zu beginnen, den in verwilderte Arme gespaltenen Stromstrich in das Hauptbett zusammenzufassen, womit die Nebenrinnen, Einrinnen, aufhören. Dann beseitigt sie die Unregelmässigkeiten des Hauptbettes und giebt dem Thalweg die Richtung der grössten Tiefen, welche das Bett bei Niederwasser einnimmt, um die Niederwassermenge des Flusses in eine Fahrrinne zu leiten. Hierbei trachtet sie, für das in ein Bett zusammengedrängte Niederwasser eine gehörige Tiefe zu erreichen, indem sie mittels entsprechender Einengung des Strombettes eine kräftige Strömung auf die Sohle wirken lässt. Im Strombette selbst werden bestimmte Plätze geschaffen, an denen das Geschiebe zur Ablagerung kommen kann.

Mittelwasserregulirung. Die Zusammenfassung des Mittelwassers in eine Flussrinne hat nun aber die dadurch für die Schiffahrt angehofften Vortheile nicht gebracht. In dieser Beziehung muss man es als einen Mangel bezeichnen, dass man mit wenigen Ausnahmen, wie beispielsweise an der Rhône oder an der Weser geglaubt hat, nur das Mittelwasserbett reguliren zu müssen, ohne zugleich auf die Schaffung eines beständigen unveränderlichen Niederwasserbettes Rücksicht zu nehmen.

Die Regulirung der österreichischen Donaustrecke, welche mit Querprofilen für Mittelwasser erfolgt ist, hat deshalb für die Schiffahrt kein vollkommenes, jene des oberen Rheines aber ein ganz unzureichendes Ergebnis erzielt. Die einst schiffbare Donaustrecke Regensburg bis Donauwörth ist durch die zu breit angelegten Normalprofile vollständig unfahrbar geworden.

Für die richtige, aus der Beobachtung der Natur eines Flusses hervorgegangene Erkenntnis einer Stromregulirung sind die Erfahrungen und Lehren massgebend, welche der französische Ingenieur Girardon auf Grund der von ihm mit vollem Erfolge durchgeführten Regulirung der Rhône veröffentlicht hat. Dieser Erfolg fusst nur auf der naturgemässen Behandlung des Flusses und schliesst jedweden Eingriff in seine Verfassung mittels eines mit Reisschiene, Zirkel und Formeln vorausberechneten Normalprofiles aus. Eben die Bestimmung dieser kanalquerschnittförmigen Normalprofile bildete bei den bisherigen Regulirungsbauweisen den umso gefährlicheren Punkt, weil nach demselben sofort die beiderseitige Festlegung der Uferlinien mittels Parallelwerken oder Buhnen erfolgte, welche kostspielige Bauten, wenn sie nicht entsprechen, wieder zu entfernen, fast unmöglich ist. Durch dieselben mochte zwar für eine bestimmte Flussstrecke ein ganz gutes Ergebnis erzielt werden, dasselbe war aber zumeist auf Kosten der angrenzenden Strecken erreicht.

Einschränkung einzelner Stromstrecken. Wie schon erwähnt, besteht das Längenprofil eines Flusses in seinem natürlichen Zustande aus einer Reihe schwachgeneigter, gekrümmter Haltungen, deren Schwellen durch steilere Abstiege mit einander verbunden sind. Um diese Schwellen zu vertiefen, wurden bisher zwei Wege eingeschlagen. Es wurden die einzelnen Schwellenstrecken beiderseitig durch Werke eingeengt, wodurch auf jeder die nun durch Stau vergrösserte Wassermenge einwirkte, den Schwellenrücken abschwemmte, und auf demselben die gewünschte Tiefe hervorbrachte. Das

Digitized by Google

von einer Schwelle abgeschwemmte Geschiebe erzeugte jedoch stromabwärts Auflandungen, stromaufwärts dagegen, weil die wie eine Wehre wirkende Schwelle beseitigt wurde, eine Senkung des Wasserspiegels und dadurch eine Verminderung der Tiefe.

Fortlaufende Einschränkung. Parallelwerke. Um diesen Nachtheil zu vermeiden, suchte man das Gefälle einer Schwelle nicht allein auf die Nachbarschwellen, sondern auf die ganzen Krümmungshaltungen zu übertragen und ist zu der Bauweise übergegangen, die Einschränkungswerke nicht allein auf die einzelnen Schwellen, sondern auf den ganzen Stromschlauch auszudehnen, wodurch die fortlaufenden Parallelwerke entstanden sind. Die angestrebte Ausgleichung des Gefälles wurde hierdurch zwar in den seltensten Fällen erreicht, immerhin aber eine Vermehrung der Fahrwassertiefe erzielt. Dieser künstlich geschaffene Zustand ist aber kein dauernder, weil durch die Einengung des ganzen Stromlaufes nun auch seine ganze Sohle dem Angriffe des Wassers ausgesetzt ist, und wenn diese den erforderlichen Widerstand nicht besitzt, eine vermehrte Geschiebebewegung eintritt. Der Gleichgewichtszustand aber kann sich erst dann wieder bilden, wenn sich das Gefälle soweit verringert hat oder die Widerstandskraft der Flusssohle so gross wurde, dass die angreifende Kraft des Wassers mit der Festigkeit derselben ins Gleichgewicht gekommen ist.

Wird die Befestigung der Sohle unterlassen, so muss sich als Folge jeder Einschränkung eine Verminderung des Gefälles ausbilden, weil die auf dem oberen Theile der ausgebauten Strecke mitgerissenen Geschiebe sich immer unterhalb ablagern werden. Bei der Rhône, deren Gefälle ein sehr starkes ist, musste sich die Abflachung des Gefälles, welche von Girardon als die nothwendige Folge der Regulirungen durch Einengung bezeichnet wurde, früher zeigen, als bei Flüssen mit schwachem Gefälle, weil mit der Grösse des Gefälles diese Erscheinung zunimmt.

Niederwasserregulirung. Diese Beobachtungen führten Girardon dazu, die seither befolgten Regulirungsbauweisen zu verlassen und einen Weg einzuschlagen, der auch ohne so kostspielige Mittel, wie sie beim beiderseitigen Ausbaue der Ufer und bei der durchgehenden Befestigung der Flusssohle nöthig sind, zum Ziele führte.

Erhaltung der Fuhrtschwellen. War man bisher darauf bedacht gewesen, die Schwellen zu beseitigen um hierdurch das Gefälle auszugleichen, war man bisher bestrebt, dem Fluss ein künstlich geschaffenes Normalbett anzuweisen und seinen Wasser- und Geschiebeabfluss vollkommen neu zu gestalten, so entschloss sich Girardon dazu, die natürlichen Abflussbedingungen des Flusses mit dem treppenförmigen Längenprofile und den Schwellen zu erhalten und beschränkte die Regulirungsthätigkeit allein auf die Umgestaltung derjenigen Schwellen, welche die Schiffahrt behinderten. Er theilte die Schwellen in zwei Gruppen:

Schlechte und gute Fuhrtschwellen. Die im Bilde 29 oben dargestellte Schwelle ist die bei verwilderten und nicht regulirten Flüssen vorwiegende.

Digitized by Google

Sie ist der Schiffahrt hinderlich, weil die Wassertiefe darauf geringe und der Stromstrich, Thalweg, darüber steil gekrümmt hinweggeht.

Die im Bilde unten gezeichnete Schwellenform kommt im natürlichen Zustande eines Flusses seltener vor und bietet der Schiffahrt keine Erschwernisse, weil der Thalweg darüber gestreckt und die Wassertiefe genügend ist.

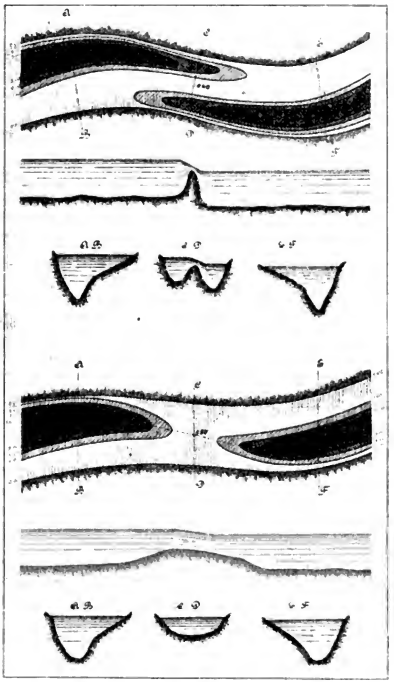


Bild 29.

Rhôneregulirung. Das bei der Rhône eingeschlagene Regulirungsverfahren bestand nun darin, alle ungünstigen Schwellen in die Form der günstigen Fuhrtschwellen dadurch überzuführen, dass man dem Flussbette in der Umgebung der ungünstigen Schwellen diejenige Gestalt gab, welche sich bei den von Natur aus guten Schwellen vorfand. Die Arbeiten beschränkten sich daher nur auf die Zusammenfassung des Wassers in ein

Digitized by Google

einheitliches Niederwasserbett, die Festlegung der guten und die Ausgestaltung der schlechten Schwellen. (Bild 30.)

Die Vereinigung der Niederwassermenge in eine Schiffahrtsrinne erfolgte durch Abbau der Nebenarme mit Sperrwerken, welche nur so hoch ausgeführt wurden, dass sich höhere Wasserstände über dieselben ausbreiten können, wodurch die Angriffe auf die Sohle bei der grösseren Stromkraft der Hochwässer hintangehalten werden.

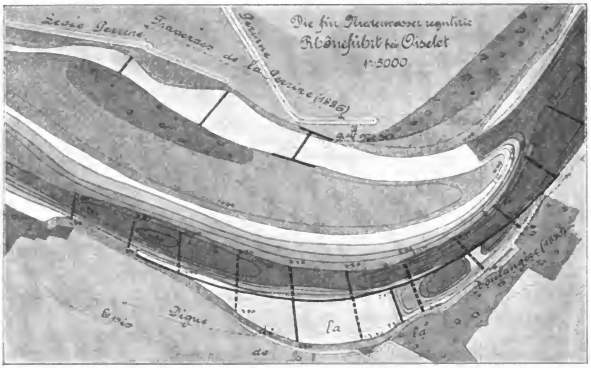


Bild 30. Niederwasserregulirung der Rhône.

Die Lage der Schwellen wurde dadurch erhalten, dass man deren Tiefen festlegte, wodurch sich die bei Hochwasser in Bewegung gebrachten Geschiebe immer an den nämlichen Schwellenstellen ablagern.

Nachdem sich alle Tiefen in den einbiegenden Krümmungsufern ausbilden, wurden diese durch feste Werke erhalten, während die gegenüberliegenden flachen ausbiegenden Ufer keine Leitwerke erhielten, damit von ihnen die Strömung nicht angezogen werde. Nur für den Fall, als diese flachen Ufer dem Angriffe des Wassers nicht standhielten, wurden auch sie durch Unterwasserbuhnen befestigt.

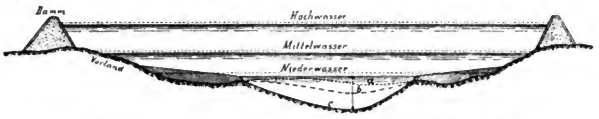
Der Thalweg oberhalb einer guten Schwelle liegt meist zunächst der Krümmungsmitte und nahe dem einbiegenden Ufer, von welchem er sich allmählig entfernt, um in sanftem Bogen auf das andere Ufer überzugehen. Um nun künstlich auf eine solche Gestaltung des Thalweges einzuwirken, gab Girardon den im einbiegenden Ufer auszuführenden Leitwerken eine Krümmung, deren Halbmesser in der Mitte am kleinsten ist und dessen Grösse von der Mitte nach den Seiten hin zunimmt. Hierdurch wurde der Thalweg in der Krümmungsmitte stark angezogen, unterhalb derselben aber die anziehende Wirkung verringert. Bei hinreichend festem Boden und bei nicht zu starkem

Digitized by Google

Gefälle reichten diese Mittel aus, einen guten Schwellenübergang herzustellen und dauernd zu erhalten.

War jedoch die Festigkeit der Sohle zu gering und das Gefälle beträchtlich, so war der Thalweg schmal und tief und lag nahe dem einbiegenden Ufer. Es wurden in diesem Falle tiefliegende Buhnen verwendet, um den Thalweg am unteren Ende der Krümmung vom Ufer zu entfernen und dadurch einen günstigen Schwellenübergang zu erzielen. Diese Buhnen fallen nach der Flussmitte hin in schalenförmiger Gestalt ab und sind stromaufwärts gerichtet. Bei sehr weicher Flusssohle wurden sie als Grundschwellen unter den tiefsten beobachteten Wasserstand gelegt und bis zum gegenüberbefindlichen Ufer verlängert.

Wenn man auch den Vorgang Girardon's bei allen Strömen nicht ohne weiteres genau einhalten können wird, so wird man doch dessen Lehren beherzigen und bei zukünftigen Flussregulirungen mit der althergebrachten Bauweise brechen. Bei Flüssen mit der Rhône ähnlichen Verfassungen und bei grossem Gefälle, wie beispielsweise bei der oberen Donau wird man aber unbedingt die Grundsätze Girardons zur Anwendung bringen müssen. Im Bilde 31 ist der Querschnitt eines Flusses vor und nach seiner Regulirung für Niederwasser schematisch dargestellt. (Siehe auch die Niederwasserbauten an der Donau bei Körtvélyes, Seite 67.)



a) Niederwassertiefe vor der Regulirung, b) Niederwassertiefe nach Einbau der Buhnen, c) ausgebildetes Niederwasser-Profil (Parabelform).

Bild 31. Querschnitt eines Flussbettes vor und nach seiner Regulirung für Niederwasser.

Allgemeine Regeln für den naturgemässen Flussbau. Wie immer bei der Regulirung vorgegangen werden möge, immer muss als Hauptgrundsatz gelten, den Fluss oder Strom nur in seiner natürlichen gewundenen Gestalt und Form festzulegen. Dieser Satz kann nicht oft genug wiederholt werden und nach demselben ergeben sich für die Schiffbarmachung eines Wasserlaufes folgende Richtungen:

Wenn die Hauptwassermasse eines Flusses durch entsprechende Abbauten seiner Nebenarme wieder in ein geschlossenes Bett mit festliegendem Thalweg gesammelt wurde, muss vor allem in diesem die Geschiebebewegung geregelt und in einen gleichmässigen Gang gebracht werden, um einen Ausgleich der Höhenlage der Flusssohle herbeizuführen.

Soll dieser Ausgleich durch die Strömung erfolgen, so muss man sich darüber Klarheit verschaffen, wie die weiter abwärts gelegene Flussstrecke beschaffen ist. Begrenzen hohe Ufer den Lauf derselben und sind grosse Flusstiefen, beispielsweise tiefe Felsenengen vorhanden, so dass ein Ansteigen des Wasserstandes durch die zu erwartende Erhöhung der Sohle nicht zu befürchten ist, oder mündet der zu verbessernde Fluss in ein zur Aufnahme

Digitized by Google

der Geschiebe geeignetes Seebecken, dann kann eine Vergrösserung der Wassergeschwindigkeit auch durch eine mässige Kürzung des Flusslaufes versucht werden. Ist dies jedoch nicht der Fall, dann wird eine Zunahme der Geschiebebewegung für die unterhalb der Regulirung gelegene Flussstrecke umso nachtheiliger sein, je niedriger daselbst die Ufer sind und es sind daher Streckungen der Flusskrümmungen oder gar Durchstiche nicht zulässig.

Nachdem aber bei einer Vereinigung der Wassermenge aller Seitenarme in eine Rinne eine stärkere Geschiebebewegung unvermeidlich ist, so muss man die nun in Bewegung gebrachten Geschiebe in den Nebenräumen des Flusses zur Verlandung bringen. Den Wasserlauf in die Nebenrinnen wird man mittels Grundschwellen und Leitwerken hemmen. Diese werden allmählig verlanden, wodurch die Wassermasse sich immer mehr vereinigt und die Ausbildung der Hauptrinne herbeiführt. Starke, die Schiffahrt hindernde Krümmungen des Flusses wird man verflachen, das Ufergelände der Hauptrinne aber mittels Traversen und Buhnen gegen den Einriss durch höhere Wasserstände sichern. Die hohen Ufer werden endlich durch Befestigungen vor Abbruch bewahrt und die niedrigen zur Auflandung gebracht.

Mit fortschreitender Regulirung entsteht derart nach und nach eine Reihe von Quer- und Längsbauten, welche bereits eine gleichmässigere Ausbildung des Flusslaufes erzeugen. Nun erfolgt der weitere Ausbau und die Befestigung der einbiegenden Ufer sowie der Uebergänge beider Ufer, wozu die früher beschriebenen Grundschwellen und flach unter Niederwasser hinstreichenden Buhnen dienen.

Bei dieser naturgemässen Bauweise eines Geschiebe führenden Flusses bettet sich derselbe durch seine Strömungsarbeit von selbst immer tiefer ein und hilft mit, sich ein ausgeglichenes Gefälle zu schaffen. Mit der gleichmässigen Ausbildung des Längenprofils und der Flussquerschnitte Schritt haltend, werden die Querbauten und Grundschwellen in die entsprechende Höhe und Länge gebracht und wird jedes nothwendige Bauwerk in Bezug auf Höhenanlage und gegenseitige Entfernung der Uferbauten in den Uebergängen mit viel grösserer Sicherheit bestimmt werden, als wenn von vorneherein ein über Niederwasser aufragender Bau in theoretisch vorgezeichneter Richtung hergestellt worden wäre.

Bei Strömen mit Ueberbreiten, geringem Gefälle und grosser Wassermenge, etwa im Unterlaufe eines Flusses, wird man eine für die Schiffahrt nöthige Fahrbahn auch dadurch erreichen, dass man auf die Schwellen gleichfalls durch keinerlei feste Bauten einwirkt, sondern in denselben mit Hilfe kräftiger Bagger vorerst die nothwendige breite und tiefe Fahrrinne schafft und wenn man die richtige Lage der Rinne durch Baggerung gefunden, die Begrenzungen derselben, wenn nothwendig, durch einfache und billige Bauten versichert und festlegt. Eine solche in eine grosse Geschiebeablagerung eingeschnittene tiefe Rinne übt dann ihren Einfluss auf die oberhalb derselben befindlichen Stromstrecken aus und hat eine allmählige natürliche Regulirung des Flussbettes zur Folge. Sobald man die gewünschte Richtung und Form des Bettes erlangt hat, kann man diese dann durch einige Bauten befestigen. Hierdurch wird dem Strome auch kein gewaltsamer Zwang auferlegt, und, wenn es die Verfassung desselben zulässt, ein guter Erfolg erzielt werden können.

Digitized by Google

Vortheile des naturgemässen Flussbaues. Diese Regulirungsbauweisen haben vom Standpunkte der Schiffahrt den grossen Vortheil, dass mit ihnen bei jeder beliebigen, für die Schiffahrt ungünstigen Stelle, bei jeder Fuhrtschwelle begonnen werden kann, weil weder die einzelnen örtlichen Baggerungen, noch die Anlage der Grundschwellen, sowie der flach unter dem Niederwasser hinstreichenden Buhnen die Schiffahrt besonders stören. Der wesentlichste Vortheil derselben liegt aber darin, dass in Folge der Beharrung des Thalweges in dem schlangenförmig gewundenen Bett die Sohle sich mit festem und grobem Geschiebe bedeckt und viel früher zur Ruhe kommt, als in gewaltsam mittels gestreckten parallelen Uferlinien regulirten Flüssen, deren Sohle durch den fortwährenden Wechsel des Thalweges in beständiger Umlagerung begriffen ist. Doch nicht nur der Schiffahrt wird durch diese natürliche Bauart eine dauernde Strasse geschaffen, sondern es erfolgt durch dieselbe auch eine anhaltende Regelung der Vorfluth der Hochwässer, sowie des Eisganges.

Billigkeit des naturgemässen Flussbaues. Endlich ist diese Bauweise auch vom Standpunkte des Staatshaushaltes von Wichtigkeit, weil der Bau und die Unterhaltung der Ufer eines derart regulirten Flusses viel weniger Kosten verursacht, als die mächtigen aus Unmassen von Steinen an beiden Seiten des Stromes hergestellten Parallelwerke, nachdem die Grundschwellen und Buhnen viel weniger Material erfordern, als die grossen Profile der langen Leitwerke und kräftigen Querbauten und die ausbiegenden Ufer grossen Theiles überhaupt nicht befestigt zu werden brauchen.

Regulirungswerke. Die bei den Stromregulirungen hauptsächlich zur Anwendung kommenden Werke werden je nach ihrer Lage zum Stromstrich in Längsbauten und in Querbauten eingetheilt. Bild 32.

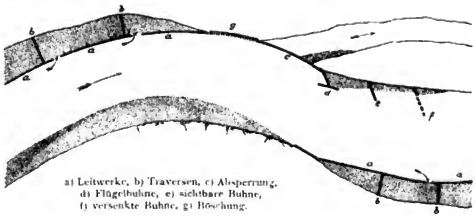


Bild 32.

Leitwerke. Unmittelbar entlang und auf den Stromufern laufende Bauten nennt man Deckwerke und Böschungsbauten, die in der Richtung der Ufer, jedoch in das Strombett gelegten Werke bezeichnet man als Leitwerke oder Parallelwerke. Die das Leitwerk mit dem Ufer verbindenden, dasselbe stützenden und zum Zwecke von Verlandungen errichteten Bauten heissen Querbauten oder Traversen.

Digitized by Google

Die Leitwerke versichern das hinter ihnen liegende Ufer, geben dem Stromstriche eine bestimmte Richtung und schränken das Flussprofil ein, wodurch die Strömung vergrössert und eine Vertiefung der Sohle bewirkt wird. Sie veranlassen den Abbruch der im Bette liegenden Sandbänke und Schwellen, gleichzeitig werden aber durch deren Wirkung die gegenüberliegenden unbefestigten Ufer angegriffen. Die Leitwerke werden zumeist bis zur Mittelwasserhöhe aufgeführt und erhalten zum Zwecke des Einrinnens der bei höheren Wasserständen gebrachten Geschiebe offene Stellen, Lücken.

Buhnen. In den Fluss hineinragende Bauten heissen Buhnen oder Sporne, solche, welche einen Seitenarm absperren, Sperrdämme oder Absperrungen. Unter Wasser liegende Buhnen, welche zur Befestigung der Sohle auf dieselbe gelegt werden, heissen Grundschwellen. Die Buhnen haben den Zweck, eine Angriffsströmung auf die Flusssohle zu erzeugen, die Sohle festzulegen, das Strombett einzuengen, hauptsächlich aber eine kräftige Ableitung der Geschiebe und eine Verlandung herbeizuführen.

Bei jeder Buhne unterscheidet man deren Wurzel, welche an das Ufer oder Leitwerk anschliesst, und den Kopf, welcher in das Strombett ragt. Die obere Fläche heisst Krone, die dem Stromstrich entgegenliegende Seite ist die Stromseite, die demselben abgekehrte Seite die Rückseite.

Die Krone ist entweder wagerecht, oder gegen den Strom zu abfallend, oft von schalenförmiger Gestalt mit dem stromseitigen Ende in der Sohlenhöhe endend; sie kann immer sichtbar, oder hochwasserfrei und bei höherem oder bei tiefstem Wasserstande überfluthbar gelegt sein.

Wenn der Buhnenkopf unter dem gewöhnlichen niederen Wasser liegt, so entsteht die Tauchbuhne, wenn derselbe ganz flach auf der Sohle und selbst bei niedrigstem Wasser unsichtbar ist, entsteht die versenkte Buhne.

Die Buhnen werden nach Erfordernis stromaufwärts oder stromabwärts und auch senkrecht zum Stromstriche gerichtet. Nachdem jede Buhne nur eine örtlich begrenzte Wirkung auf den Flusslauf ausübt, dürfen sie in nicht zu grossen Entfernungen von einander gelegt werden. Diese Entfernungen hängen von der Strombreite, der Stärke und Richtung der Strömung, der Buhnenlänge und der Gestalt des Flussbettes ab. Im einbiegenden Ufer, welches von der Strömung stark angegriffen wird, liegen sie näher aneinander, in geraden Strecken sind sie weiter, jedoch noch immer enger aneinandergerückt, als im ausbiegenden Ufer. Buhnen erhalten oft am Kopfe kleine Querbauten, Flügel.

Wenn durch Buhnen eine kräftige Verlandung nicht erzielt wurde, sind sie schlecht angelegt. Solche aufgelassene alte, im Strombette liegende Sporne bilden oft gefährliche Schiffahrtshindernisse.

Zur Regulirung des Stromes werden sowohl Leitwerke, als auch Buhnen, je nach den örtlichen Verhältnissen und Baumaterialien, angewendet.

Absperrungen. Die Sperrdämme sperren die aufzulassenden todten Arme ab und sind, wenn der abzuschliessende Flussarm breit und unmittelbar einer grösseren Strömung ausgesetzt ist, ein sehr schwieriges

Digitized by Google

technisches Werk. Man muss die Lage derselben sorgfältigst bestimmen, weil an deren Sohlen unter Umständen aussergewöhnliche Vertiefungen, Auskolkungen, eintreten, welche gefährliche Wirbel und Wechselströmungen erzeugen und dann nicht nur den Bau selbst, sondern auch die daneben gehende Schiffahrt gefährden können. Oft reissen solche Absperrungen durch und der Strom stürzt sich unaufhaltsam in sein altes Bett und es tritt dann eine gänzliche Verwilderung der Fahrbahn ein.

Durchstiche. Durchstiche sind Einschnitte, welche zwischen zwei oder mehreren Flusskrümmungen meist zum Zwecke der rascheren Ableitung von Hochwässern oder Vermeidung von Eisstopfungen ausgeführt werden.

Sie erzeugen fast ausnahmslos ungünstige Fahrbahnverhältnisse. Durch jeden Durchstich tritt in dem oberhalb gelegenen Stromtheile eine Senkung des Wasserspiegels, in dem unterhalb gelegenen Theile eine Erhöhung der Flusssohle ein. Wenn sie bei einer Regulirung in grosser Anzahl angewendet werden, so ergiebt sich eine vollständige Veränderung der Flusssohle. Das Gefälle wird wesentlich vermehrt, die Geschiebe werden längs der ganzen Sohle und sehr weit flussabwärts abgelagert und die Sohle erhöht. Die Fluthwelle des Hochwassers kommt in Folge der Stromabkürzung viel rascher und es entstehen die grossen und verheerenden Ueberschwemmungen.

Theisshochwässer. Durch Abkürzung des Flusslaufes mittels Durchstichen wird demnach die Höhe der Fluthwelle immer grösser und deren Abfluss schneller. Ein böses Beispiel hierfür bietet die Theiss, deren Oberlauf in Folge ihrer Geradestreckung die früher bestandenen Fahrtiefen vollständig verloren hat und gar nicht mehr schiffbar ist, während die Ueberschwemmungsdämme im Mittel- und Unterlaufe zur Verhütung schwerer Ereignisse immer mehr erhöht werden müssen um mit der fortschreitenden Erhöhung der Sohle in die entsprechende Höhenlage gebracht zu werden.

Trotzdem ereignen sich durch die aus der oberen Theiss zu rasch kommenden Hochwässer alljährlich bedeutende Ueberfluthungen des Unterlaufes und man muss die Hochwässer überall durch Deiche begrenzen, um sie in ihrer Wirkung zu mildern.

Die Hochwasserstände der Theiss am Pegel bei Szeged betrugen:

Vor der Regulirung des Flusses	im Jahre	1830	6,14 m,
nach Vollendung einiger Durchstiche	„ „	1855	6,91 m,
nach durchgeführter Geradestreckung	„ „	1876	7,86 m,
bei Ueberfluthung und Zerstörung der Stadt Szeged	„ „	1879	8,06 m,
und bei der bisher beobachteten grössten Fluthwelle	„ „	1895	8,84 m.

Seit dem Jahre 1830 hat daher das Hochwasser der Theiss um 2,70 m zugenommen. Allerdings ist der Verlauf der Hochfluth im gleichen Verhältnisse ein viel rascherer: Während sie 1855 52 Tage bis zu ihrer grössten Höhe benöthigte und erst nach 180 Tagen vollständig in das Strombett zurückkehrte, erreichte die Welle 1895 ihren Höchststand innerhalb 6 Tagen und die Ueberschwemmung dauerte nur 59 Tage.

Digitized by Google

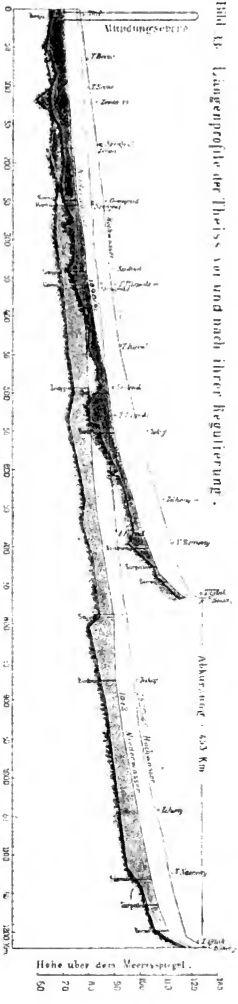


Bild 33. Längenprofile der Theiss vor und nach ihrer Regulierung.

Im Bilde 33 ist das Längenprofil der Theiss vor und nach ihrer Geradestreckung, wodurch ihr ursprünglicher Stromlauf von 1220 km auf 767 km verkürzt wurde, dargestellt.

Hochwässer bei Wien. Auch oberhalb Wien erreichten die Hochwässer vor den Regulirungsbauten nur 3,71 m und wurden die höchsten Wasserstände, als man mit dem Bau derselben begann, nicht höher, als auf 5,10 m veranschlagt. Das Hochwasser 1897 erreichte bereits eine Höhe von 5,32 m und jenes von 1899 sogar 5,82 m. Letzterer Hochstand wurde allerdings auch durch die Wassermenge beeinflusst, welche nunmehr in Folge der Absperrung des Donaukanales im Hauptstrome abgehen muss. Diese Wassermenge beträgt annähernd 700 cbm und verursacht eine Steigerung der Hochfluth im Donaustrome von beiläufig 30 cm. Die Schutzbauten an beiden Ufern sind bis 6,32 m aufgeführt, deren Sicherheitsgrenze beträgt daher gegenüber dem Hochwasser von 1899 nur noch 0,50 m. Es können demnach die Dämme, welche Wien schützen, bei einem nur um geringes höheren Wasserstande als 1899, oder wenn ein solcher noch durch Wind oder Eis rückgestaut wird, überfluthet werden.

Innhochwässer. Durch die am Inn aufgeführten Einschränkungswerke und Durchstiche haben dessen Hochwässer bedeutend zugenommen.

Hochwasser vom Jahre	1853	6,72 m
„ „ „	1876	7,79 m
„ „ „	1899	10,60 m.

Leck und Po. Die Erscheinung der Aufschwemmung der Flusssohle in Folge Geradestreckung und Eindämmung des Flussthales wird am besten in den Mündungsgebieten wahrgenommen. Namentlich die in den Niederlanden durch Deiche künstlich eingeschlossenen Flussthäler erhöhen sich in rascher Weise. So fliesst der Leck auch bei Niederwasser in einer bedeutenden Höhe über das von ihm durch Dämme

Digitized by Google

abgeschlossene Flachland und es ist zu besorgen, dass trotz aller Erhöhung und Verstärkung der Dämme durch einen Deichbruch einst das ganze umliegende Land überschwemmt werden wird. Die gleiche Gefahr zeigt der Po.

Durchstiche werden in der Regel nie ganz ausgehoben, sondern es wird nur ein Graben von genügender Breite und Tiefe von unten nach der zukünftigen Einmündung zu ausgebaggert, der oberste Abschluss sodann durchgestochen und nun der Wirkung der eingedrungenen Strömung überlassen.

Vorausgesetzt, dass der Durchstich in Bezug auf den Stromstrich richtig angelegt ist, wird derselbe von der Strömung in kurzer Zeit auf die geplante Breite und Tiefe ausgebildet. (Bild 34.)

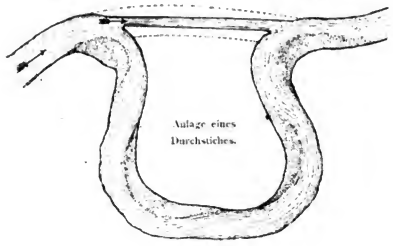


Bild 34.

Stromschnellen. Von allen Regulirungswerken sind die zum Zwecke der Verbesserung einer Stromschnelle ausgeführten technisch am schwierigsten durchführbar und erfordern die grössten Kosten.

Jede Stromschnelle hebt die Regelmässigkeit des Flussgefälles plötzlich und unvermittelt auf und vereinigt dasselbe wieder in einer unterhalb gelegenen Stelle; es bildet sich nun dort eine wirbelnde Strömung, ein „Ueberfall", über welchen das Wasser mit plötzlich wachsender Geschwindigkeit in die darauf folgende Tiefe abfliesst. Oberhalb des Ueberfalles sind immer erhebliche Geschiebeablagerungen, Flussseichten, unterhalb desselben wirbelnde Auskolkungen. Sind die, diese Ueberfälle erzeugenden Stromhindernisse Felsbänke, welche in mächtiger Ausdehnung den Strom durchqueren, so entsteht das schwerste Schiffahrtshindernis, die Stromschnelle.

Derartige Stromschnellen erfordern je nach ihrer Mächtigkeit und den örtlichen Verhältnissen umfassende Regulirungsarbeiten, Durchsprengungen von Schiffsdurchlässen, Erbauung von Kanälen in den Strom, Aufstauungen des Wasserspiegels über die Schwelle mittels Stauwerken, oder endlich gänzliche Umgehung der Stromschnelle durch einen künstlich herzustellenden Seitenkanal.

Sprengungen allein sind bei Stromschnellen zumeist von sehr geringem Erfolge, weil durch die Absprengung der Felsenriffe und Felsenspitzen das Wasser noch schneller abfliesst, wodurch der Wasserspiegel seinen natürlichen Stau verliert und sich senkt. Es werden hierdurch zwar die

Digitized by Google

seitlichen Strömungen und Wirbelbildungen zum Theile beseitigt, ebenso eine breitere Fahrbahn geschaffen, die Fahrtiefen erfahren jedoch keine wesentliche Vergrösserung.

Um mit den Sprengungen gleichzeitig die nothwendigen Fahrtiefen zu erreichen, ist es daher nothwendig, das Stromprofil der Schnelle durch Leitwerke bedeutend einzuengen und flussabwärts zu verlängern, wodurch ein Aufstau des Wasserspiegels über der Stromschnelle erfolgt und ein für die Schiffahrt günstigeres gleichmässigeres Gefälle, sowie die nothwendigen Tauchtiefen geschaffen werden. Die Sprengung einer einzelnen in der Fahrbahn liegenden „Felsenkugel" ist im Bilde 35 dargestellt.

Bild 35 Sprengung von Felsriffen.

Donaustromschnellen. Die Stromschnellen der Donau sind das Felsengefächel oberhalb Hofkirchen bei Passau, jenes bei Aschach, der Struden bei Grein und die Katarakte mit dem „Eisernen Thor" unter- und oberhalb Orsova, welche gleichzeitig die bedeutendsten Stromschnellen Europas darstellen.

Hofkirchener Kachlet. Verschiedene Felsarbeiten haben das Hofkirchener Kachlet schon gebessert. Im jüngsten Bauentwurfe ist geplant in demselben mittels Leitdämmen ein Niederwasserbett zu schaffen.

Aschacher Kachlet. Das Aschacher Kachlet, derzeit die seichteste Donaustrecke, wird demnächst einer ausreichenden Regulirung durch Einschränkungsbauten unterzogen werden.

Das Aschacher Kachlet besteht aus auf der Stromsohle liegenden Felskugeln, welche den Flussspiegel aufstauen und dadurch zwei Stromschnellen erzeugen, an welchen bei Niederwasser die Tiefe an einigen Felsspitzen bis 1,10 m sinkt. Die Stromsohle selbst liegt 0,50 m unter den Kugeln.

Digitized by Google

Eine Vergrösserung der Fahrtiefe kann durch die alleinige Räumung der Felskugeln nicht erzielt werden, weil hierdurch der Wasserspiegel an den gefällsreichen Stromstellen nachsinken würde. Es müssen daher gleichzeitig das Wasser in ein entsprechend eingeengtes Gerinne zusammengefasst und die starken Gefällsunterschiede ausgeglichen werden. Nachdem die sekundliche Abflussmenge des Stromes beim niedersten Schiffahrtswasserstande, + 0,34 m Aschacher Pegel, 510 cbm beträgt und das anzustrebende Ausgleichsgefälle der zu verbessernden Stromstrecke zwischen km 225 und 229,890 mit 0,793‰ feststeht, berechnet Herbst die Breite eines 2,2 m tiefen, für die Abfuhr des niedersten Wassers bestimmten Gerinnes mit 135 m.

Donaustruden. Das Flussbett bei Struden an der Donau ist von mächtigeren Felsriffen durchsetzt. Dieselben wurden wiederholt und zuletzt im Jahre 1890 gesprengt. Die letzte Regulirung bezweckte die Schaffung einer 80 m breiten und 3 m tiefen Fahrstrasse bei dem am Strudener-Pegel fixirten Nullwasser. Die derzeitige absolute Tiefe beträgt bei Nullwasser Strudenpegel 1,30 m. Die erfolgte Regulirung des Strudens hat demnach zwar eine bessere und breitere Fahrstrasse, jedoch keine grösseren Tiefen als früher geschaffen und ist es, um letztere zu erreichen, auch dort nothwendig, das Profil entsprechend einzuschränken.

Für die Schiffahrt vortheilhaft wäre es, die Befahrung dieser Stromschnelle dadurch zu erleichtern, dass man den neben ihr laufenden Seitenarm, Hössgang, durch einen Gegenzugkanal mit Kammerschleusen benutzbar macht, wodurch eine zweigeleisige Fahrstrasse geschaffen und die lästige zeitweilige Strudensperre wegfallen würde. Bild 12 auf Seite 40 zeigt den Donaustrudel im Jahre 1781, nach einer Aufnahme der damaligen „K. K. Navigations-Direction an der Donau".

Kataraкte und Eisernes Thor. Die grossen Stromschnellen des Donaudurchbruches zwischen den Karpathen und dem Balkan beginnen oberhalb Drencova mit dem in der Strommitte einsam stehenden Felsen Babakaï. Die ganze Kataraktenstrecke vom Babakaï bis unterhalb des Eisernen Thores hat eine Länge von 104 km.

Während die Donau oberhalb und unterhalb des Durchbruches in Tiefebenen mit sehr geringen Gefällen, unter 5 cm auf 1 km, fliesst, tritt in der Kataraktenstrecke ein Gefälle von nahezu 24 cm auf 1 km auf, welches sich hauptsächlich auf die einzelnen Stromschnellen vertheilt.

Klunzinger bemerkt in seinem Werke „Die Regulirung des Eisernen Thores 1899": „Die Erosion hat daher hier nicht in dem Masse die Ausgleichung des Gefälles bewirkt, wie dies bei den Durchbruchstrecken an der oberen österreichischen Donau geschah, wo mindestens dasselbe durchschnittliche Gefälle auftritt, wie in den anliegenden Flachlandstrecken.

Die verschiedenen Erscheinungen in dieser Kataraktenstrecke sind unschwer aus der langsamen Erosion zu erklären. Die Gesteinsarten widerstanden je nach ihrer Härte, Schichtungsrichtung und Gleichartigkeit der Erosion in verschiedener Weise, und so musste sich die Oberfläche der Flusssohle diesen Widerständen entsprechend verschieden gestalten. Bei der grossen

Digitized by Google

Mannigfaltigkeit der geologischen Beschaffenheit des durchbrochenen Gebirges zeigt sich daher auch eine sehr unregelmässige Form der Flusssohle und das über derselben fliessende Wasser ist gezwungen, allen diesen Unregelmässigkeiten zu folgen. In diesem Gewirre von Strömungen musste sich die Schiffahrt eine fahrbare Rinne suchen, deren Richtung sich bei jedem Wechsel des Wasserstandes änderte und welche zeitweise bei kleinem Wasserstande überhaupt nicht zu finden war."

Die erste Stromschnelle wird von der Granitbank Stenka gebildet, in welcher ein 1900 m langer Kanal ausgesprengt ist.

Dieser folgen unterhalb Drencova die aus kristallinischem Schiefer bestehende Felsbank Kozla und die beinahe den ganzen Strom durchsetzenden Felsklippen bei Dojke. In beiden ist ein 3500 m langer Kanal hergestellt.

Bild 36. Eisernes Thor bei Niederwasser.

Es verengen nun steile Felsufer das Bett bis auf 380 m, während dieses unterhalb der vom linken Ufer ausgehenden schmalen Felsriffe „Pietra lunga" und „Bivole" eine Erweiterung von 1100 m bildet, in welcher sich die aus quarzigen Kalksteinschichten bestehenden Bänke Izlas und Tachtalia befinden und eine schmale, in scharfen Windungen und wirbelnden Strömungen liegende Schiffahrtsrinne nahe dem rechten Ufer freilassen. Dieser Katarakt-Kanal ist 4000 m lang und sowie alle übrigen Kanäle auf eine geringste Tiefe von 2,00 m und eine Breite von 60 m ausgesprengt.

Der Stromschnelle Izlas folgt der Felsenvorsprung Greben, welcher im Vereine mit der vom linken Ufer her streichenden Felsbank Vrány den Strom verengt und bis 40 m tiefe Kolke bildet. Unterhalb der Grebenspitze erweitert sich der Strom plötzlich bis 2000 m und fliesst dann über eine seichte,

Digitized by Google

flachausgedehnte lange Felsplatte Svinicza, auf welcher die nothwendige Fahrtiefe durch Aufstau des Wassers mittels einer 5 km langen mächtigen Dammanlage geschaffen wurde. Unterhalb dieser lagert quer über den Strom die aus hartem Serpentin bestehende 1200 m breite Felsbank Jucz, in der ein 1340 m langer Kanal hergestellt ist. Nun folgt der bis 800 m hohe Durchbruch im Kazan, welcher eine stellenweise 54 m tiefe Stromrinne bis 180 m einengt. Im Kazan stellt sich regelmässig der Eisstoss.

Bis Orsova zeigt der Strom ausser einer nochmaligen Erweiterung auf 1300 m keine Unregelmässigkeiten. 8 km unterhalb dieser Stadt liegt nun das Eiserne Thor. Der 900 m breite Strom wird in schiefer Richtung in einer Länge von 1700 m von der aus quarzigem Kalkstein bestehenden Felsbank Prigrada durchsetzt, welche eine Breite von 500 m hat und bei ihrer Einfahrt nur eine schmale, scharf gewundene Rinne, nahe dem linken Ufer freilässt, die dann längs des schroff abfallenden unteren Randes der Prigrada in der Richtung gegen das rechte Ufer zu ausmündet. Die massigen Felsklippen der Prigrada, Ploscia und Récze reichen bis 2,5 m über Niederwasser empor und zeigen Sohlentiefen bis 50 m. (Bild 36.)

Das Niederwassergefälle am Eisernen Thor beträgt auf 1 km ungefähr 3 m und in diesem ganzen Katarakte auf $2^1/_2$ km nahe an 5 m, die Stromgeschwindigkeit bis $4^1/_2$ m in der Sekunde. Bei Hochwasser gleicht sich das Gesammtgefälle aus und wird kleiner.

Die Felsklippen der Prigrada wurden mittels eines, am rechten Ufer liegenden offenen Kanales von 2200 m Länge, einer Sohlenbreite von 73 m und einer Tiefe von 3,00 m bei Nullwasser in Orsova, umgangen. (Bild 37.)

Den massgebendsten Einfluss auf den Wasserstand der Katarakte hat der Savefluss. Mit seiner Zunahme treten meist vom Monate April bis Juni höhere Fahrtiefen ein, während, wenn die Herbstniederschläge des Savegebietes ausbleiben, das Niederwasser beginnt.

Die hohen Wasserstände verursachen selbstverständlich in der Katarakten-strecke andere Strömungsverhältnisse als das Niederwasser. Die Stenka verschwindet bei Hochwasser ganz. An der Kozlaer Felsbank wächst die Geschwindigkeit und es bricht sich das Wasser an der linksseitig vorspringenden Felsennase, wodurch Wirbel verursacht werden. Die Verengung bei der Felsenspitze Greben bewirkt nach oben einen Stau, welcher die Katarakte Izlas' und Tachtalia ausgleicht. Dagegen steigert sich bei der Grebenspitze das Gefälle beinahe auf das doppelte, wodurch gefährliche Wirbel entstehen. Durch den Stau in der Stromenge des Kazan verschwindet schliesslich auch das Gefälle bei Jucz, während sich in der Enge selbst grosse Geschwindigkeiten und Gegenströmungen bilden.

Den Zustand der Schiffahrtsstrasse auf den Katarakten und am Eisernen Thore vor der Regulirung veranschaulicht folgende Zusammenstellung über die Strom- und Wasserverhältnisse der unteren Donau von Bazias bis Sibb.

Digitized by Google

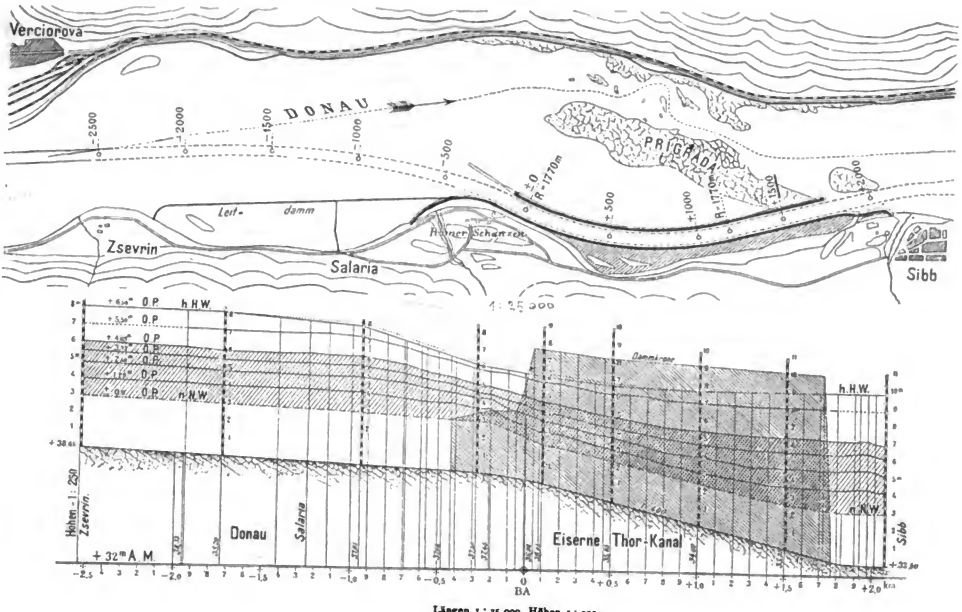


Bild 37. Der Eiserne Thor-Kanal.

Digitized by Google

Benennung des Stromabschnittes	Entfernung von Báziás	Strombreite m		Tiefe in der Schifffahrtsstrasse unter Null, dem kleinsten Wasserst. im Jahre 1834 m		Höchster Wasserst. über Null	Höhe des kleinsten Wasserstandes im Jahre 1834		Anmerkung
		Min.	Max.	Min.	Max.		Höhe über der Adria	Gefälle cm	
	km					m	m	pro Kilom.	
Báziás-Moldova	24.380	400	1100	7.00	20,00	8.10	62.187 61.248	3.70	Insel u Sandbänke im Flussbett
Moldova-Babakaï	32.270	200	2000	2.10	15.20	8.40	60.670	9.00	
Babakaï-Stenka	44.000	320	1100	2.40	24.50	7,70	59.492	10.00	
Stenka	45.000	—	900	—	8.70	8.10	59.344	11.00	
Stenka-Kozla	59.950	410	1520	3.70	24.20	7.10	57.647	11.47	
Kozla-Dojke	62.330	350	770	1,80	25.50	7.00	55.873	74.70 182.00	Durchschnitt Maximum
Dojke-Izlas	69.850	400	900	4.70	22.60	7.00	54.328	20.00	
						Izlas 1888 4.30 Svinicza 18.30		265.00	Bei Tachtalia
Izlas-Tachtalia-Greben-Svinicza	77.290	420	2020	0.20	22.30	7.30	48.701	75.60	
								175.40	Bei Greben
Svinicza-Jucz	84.570	700	1550	3.80	9.40	7.30	48.032	9.10	
Jucz	87.380	—	840	0.70	4.30	—	44.903	111,50	
Jucz-Katarakt	85.255	—	—	2.10	—	—	—	235.36	
	86.255	—	—	—	—	—	—	297.75	Maximum
Jucz-Kazan	100.000	450	1200	3.00	12.10	9.30	43.657	10.00	
Kazan-Enge	109.000	170	580	8.10	52.00	9.60	43.386	3.50	
Kazan-Orsova	120.000	380	710	5,60	17.00	7.60	42.922	3.60	
Orsova-Verciorova	125.330	400	1020	2.30	12.20	6.50	42.130	15.20	
Verciorova-Eisernes Thor	128.530	680	1130	2.00	7.00	—	41.256	28.30	
Eisernes Thor-Sibb	131.120	670	1150	0.30	51,00	—	36.100	417.00 200,00 320,00	Maximum 410 m lang 1600 m lang

Die Zusammenstellung zeigt, welche ausserordentlich ungünstigen Stromverhältnisse die Schiffahrt erschwerten und dass diese bei Niederwasser gänzlich eingestellt werden musste. Selbst bei dem normal andauernden mittleren Wasserstande von + 1,25 m in Orsova waren vor der Regulirung im Eisernen Thor nicht mehr als 0,65 m, im Jucz bis Kozla-Dojke 1,10 m und im Stenka nur 1,40 m Tiefen vorhanden. Die aus Rumänien angekommenen grösseren Schleppe konnten mit einer Tauchtiefe von 1,80 m das Eiserne Thor erst bei einem Wasserstande von + 3,50 m, die übrigen Katarakte bei + 2,80 m über Null Orsova Pegel durchfahren. Bei + 0,87 m in Orsova musste am Eisernen Thor die Schiffahrt eingestellt werden, während bis zu diesem Wasserstande auf den oberen Katarakten nur eigens gebaute flache Ruderschleppe den Dienst vermitteln konnten.

Während der durchschnittlichen Schiffahrtsdauer von 275 Tagen in den Jahren 1840 bis 1880 konnten 1,50 m tief tauchende Schleppe jährlich

Digitized by Google

nur an 158 Tagen, während der Jahre 1881 bis 1895, 1,80 m tief tauchende Schleppe nur an 45 Tagen vollbeladen verkehren.

Die durchgeführten Regulirungsarbeiten haben die Schiffahrtsverhältnisse auf den Katarakten wesentlich gebessert und die früher zeitweilig eingetretene Schiffahrtssperre aufgehoben. In der Kataraktenstrecke wurden durch die Felsenriffe und Bänke, zum Theil durch Vertiefung derselben mittels gewaltiger Sprengarbeiten, zum Theil durch Einschränkungsbauten und Staudämme Schiffahrtskanäle geschaffen, während das Eiserne Thor mittels eines am rechten Ufer ausgehobenen offenen Kanales umgangen wurde.

Geplant war auf der ganzen Kataraktenstrecke eine Tiefe von 2 m bei niederstem Wasserstande, Nullwasser Orsova. Die Aussprengungen in den Kanälen erfolgten auch durchwegs auf diese Tiefe, der Eiserne Thorkanal wurde sogar auf 3 m unter Null ausgehoben. An einigen zwischen den Katarakten liegenden Flussstellen sind jedoch geringere Fahrtiefen vorhanden, weshalb beim Nullwasserstande Dampfer und Schleppe derzeit oberhalb Orsova nur mit Tauchtiefen von 0,60 m, unterhalb Orsova mit solchen von 1,00 m verkehren können. Dieser Wasserstand tritt jedoch während der Schiffahrtszeit nur ausnahmsweise ein und sinkt der Pegel in Orsova in der Regel nicht unter + 0,50 m.

Die Schiffahrt selbst ist derzeit ebenso schwierig, als vor der Regulirung und nur mit Beihilfe von Lootsen und unter Anwendung eines strengen Signaldienstes möglich. Besondere Umsicht erfordert die Durchfahrt des quer zur Strömung liegenden Juczkanales.

Die durch Aussprengung und Einschränkungswerke geschaffenen Kanäle in den einzelnen Felsbänken, sowie die Gefällsverhältnisse der neuen Schiffahrtswege sind in folgender Tafel zusammengestellt:

Entfernung der einzelnen Profile in m	Höhe der Sohle über dem Meere m	Gefälle m	Relatives Gefälle in m auf 1 km
I. Stenka-Kanal, lang 1900 m, breit 60 m, Tiefe 2 m unter NW.			
—	57,309	—	—
790	57,089	0,220	0,280
1400	56,746	0,343	0,245
800	56,662	0,084	0,105
II. Kozla-Dojke-Kanal, lang 3500 m, breit 60 m, Tiefe 2 m unter NW.			
—	55,500	—	—
1500	55,120	0,380	0,253
400	55,045	0,075	0,188
530	54,426	0,639	0,206
270	53,839	0,567	2,100
350	53,500	0,239	0,683
1250	52,600	1,000	0,800

Digitized by Google

Entfernung der einzelnen Profile in m	Höhe der Sohle über dem Meere m	Gefälle m	Relatives Gefälle in m auf 1 km
III. Izlas-Tachtalia-Kanal, lang 4000 m, breit 60 m, Tiefe 2 m unter NW.			
—	51,950	—	—
1465	50,930	1,020	0,696
200	50,300	0,630	**3,150**
500	49,770	0,530	1,060
2100	49,580	0,190	0,090
IV. Jucz-Kanal, lang 1346 m, breit 66 m, Tiefe 2 m unter NW.			
—	45,511	—	—
224	45,493	0,018	0,080
102	45,476	0,017	0,167
84	45,429	0,047	0,559
361	45,419	0,010	0,028
139	45,310	0,109	0,784
200	44,960	0,350	**1,750**
200	44,839	0,121	0,605
180	44,665	0,174	0,967
V. Eiserne Thor-Kanal, lang 2200 m, Sohle breit 73 m, Tiefe 3 m unter NW.			
—	37,970	—	—
25,5	37,917	0,053	2,010
231,5	37,447	0,470	0,203
124,5	37,197	0,250	0,498
130,0	36,983	0,214	0,608
1688.0	32,770	4,213	**2,496**
89.0	32,547	0,223	**2.517**
373,0	32,467	0,080	0,214

Die fettgedruckten Ziffern zeigen die Längen und Grössen der Sturzgefälle. Die Sohle der oberen Katarakte hat demnach wohl bedeutende Gefälle bis zu 3,15 m auf 1 km, jedoch nur auf kurze Entfernungen. Derartige Sturzgefälle sind aber auf der Donau nichts Ungewöhnliches und können in der Bergfahrt bei Anwendung langer Schleppseile und ausreichenden Dampfreserven unschwer überwunden werden.

Ungleich schwieriger gestaltet sich jedoch der Bergzug im Eisernen Thor-Kanale, wo auf eine Kanallänge von 1777 m ein Gefälle von 1 : 400 entfällt, welches ausserordentliche Strömungsverhältnisse, besonders in der Einmündung erzeugt.

Nur die grössten Zugdampfer können bei Anspannung ihrer Maschinenstärke auf 1000 HP einen 650 Tonnenschlepp mit 1,60 m Tiefgang und 450 t Ladung in annähernd 1 Stunde bergwärts durch den Kanal schleppen. Zur

Digitized by Google

Aufschleppung eines auf 1,80 m getauchten 820 Tonnenschleppes mit 666 t Nutzlast waren zwei Zugdampfer mit zusammen 1600 HP und 67 Minuten Fahrzeit nothwendig. Zum Zuge einer Tonne Nutzlast müssen somit rund 2,3 i. HP aufgewendet werden.

Zur Bewältigung der aussergewöhnlich starken Strömung im Eisernen Thor-Kanale musste deshalb als Nothbehelf ein künstlicher Schiffszug (siehe Abschnitt 10) eingerichtet werden, welcher den der Schiffahrt ursprünglich in Aussicht gestellten Vortheil eines offenen Kanales, die unbehinderte Schiffahrt, aufhebt. Es ist sehr zu bedauern, dass allen diesen vielseitig vorausgesehenen Schwierigkeiten nicht durch Schaffung einer Schleusenanlage begegnet wurde. Bei der Untersuchung der durch den Kanal geschaffenen Wasserabflussverhältnisse hat sich übrigens ergeben, dass daselbst durch Einbau von Schleusen, die gleichzeitig als Stauwerke für eine Turbinenanlage zu dienen hätten, etwa 20 000 Pferdekräfte gewonnen und in elektrische Energie umgesetzt werden könnten.

Rheinstromschnellen. Ein wenn auch nicht so gross angelegtes und schwieriges Bauwerk, wie jenes der Donaukatarakte war die Regulirung der Stromschnelle Bingerloch am Rhein, die als gelungen zu betrachten ist und durch welche der dortigen Schiffahrt ein grosser Aufschwung gegeben wurde.

Schiffbarmachung mittels Wasseraufspeicherung. Thalsperren. Bei wasserarmen Flüssen, welche bei Regulirung durch Tauchbuhnen für Niederwasser bei niederem Wasserstande eine zu schmale Fahrrinne erhalten würden und bei welchen durch die örtliche Beschaffenheit eine Kanalisirung oder Umgehung des Laufes mittels eines Seitenkanals nicht entsprechend erscheint, kann eine Verbesserung der Schiffbarkeit auch durch Anlage von Thalsperren, Staubecken, erzielt werden, in welchen das Wasser bei höheren Wasserständen aufgespeichert und dem Flusse, wenn er seine Tiefstände erreicht, allmählig zugelassen wird.

Es ist aber klar, dass eine derartige Schiffbarmachung eines Flusses nur unter besonders hierfür günstigen Geländeverhältnissen und nur im Zusammenhange mit der Frage der Beseitigung oder Milderung der Hochwässer durchgeführt werden wird, weil die Anlage der für die Sammelbecken nothwendigen Bauten ausserordentlich hohe Kosten erfordert.

Geplante Oderstaubecken. Für die Oder werden zu diesem Behufe derzeit technische Erhebungen gepflogen, um durch Wasserzulassung aus Sammelbecken die unterhalb des kanalisirten Stromtheiles gelegene Strecke Neissemündung bis Breslau, während des im Mittel jährlich 50 Tage andauernden Niederwasserstandes, um 40 cm aufzuhöhen, wodurch ein geringster Oderwasserstand von 1,40 m gewährleistet würde. Gothein berechnet, dass die hierzu erforderliche Wassermenge 180 Millionen Kubikmeter betragen würde. Unter Annahme eines Gesammtverlustes des aufgespeicherten Wassers durch Verdunstung und Versickerung von 22 bis 25 Prozent des Beckeninhaltes wären demnach Sammelbecken von 230 bis 240 Millionen Kubikmeter nothwendig. Die Kosten dieser Anlagen berechnet er mit 90 Millionen Mark.

Digitized by Google

Hierdurch will man ausser der Verbesserung der Schiffbarkeit der Oder auch die schädliche Wirkung ihrer zahlreichen Hochwässer mildern, weil die starken Niederschläge dann in den Staubecken zurückgehalten werden. Ferner setzt man voraus, dass, nachdem in den Thalsperren ein grosser Theil der Geschiebe sich ablagert, die Versandung der Fahrstrasse im Flusse, wie sie sonst nach jedem grösseren Hochwasser eintritt, wesentlich verringert würde.

Schiffbarmachungen von Flüssen und Strömen mittels Anlage von künstlichen Sammelbecken wurden bisher noch nicht ausgeführt. Thalsperren, ferner Staubecken zur Aufspeicherung der Niederschläge, zum Schutze gegen Hochwässer, sowie zur Regelung der Zuflüsse eines Stromes wurden jedoch schon in vielen Fällen hergestellt. Beispielsweise bestehen im obersten Mississippibecken mächtige Anlagen zur Verringerung der Hochfluthen und zur Aufnahme der dortigen grossen Geschiebemassen. Bekannt sind ferner die in jüngster Zeit zum Schutze von Wien gegen die Hochwässer des Wienflusses ausgeführten Sammelbecken im oberen Thale desselben.

Stromregulirung im Fluthgebiete. Wenn in das Mündungsgebiet eines Stromes die Meeresfluth eindringt, so schiebt diese das Stromwasser vor sich her und staut es auf, während das Wasser zur Zeit der Ebbe wieder zurückfluthet. Diese sich bald landwärts, bald seewärts bewegende Wassermasse verändert jeden Augenblick ihre Höhe und ihre Geschwindigkeit.

Je mehr das Eindringen der Fluthwelle in den Stromlauf durch Beseitigung der Hindernisse im Mündungsgebiete und durch Geradestreckungen des Flusslaufes in demselben begünstigt wird, umso grösser wird die einströmende Wassermasse und deren Geschwindigkeit sein und umso weiter landeinwärts wird sie vordringen, bei Ebbe aber wieder rascher abfliessen und damit die Sinkstoffe kräftiger abführen können.

Auf diese Erscheinung ist die Stromregulirung im Mündungsgebiete begründet. Dieselbe besteht darin, die von der See anfliessende Welle möglichst ungehindert in den Flusslauf eintreten und in demselben sich stromaufwärts bewegen zu lassen.

Zur Bestimmung der Grösse, der Geschwindigkeit und der Gesetzmässigkeit der Fluthwelle dienen die Seite 15 beschriebenen Fluthmesser. Die mit deren Hilfe ermittelten Fluthkurven sowie die Kenntnis der höchsten und niedrigsten Wasserstände geben sodann die Grundlage zum Regulirungsplane.

Die Mittel, um die einströmende Fluthmenge und deren Geschwindigkeit zu vergrössern, bestehen im Allgemeinen in Schaffung eines von der Mündung stromaufwärts bis zur Fluthgrenze sich verengenden Flussbettes, Wegschaffung der zu scharfen Krümmungen und Stromspaltungen sowie Vergrösserung des Gefälles mittels Durchstichen und Geradestreckungen. Die durch Sperrdämme abzubauenden Seitenarme dienen als Wasserbecken, welche sich mit jeder Fluthperiode füllen und entleeren und dadurch eine viele Millionen Kubikmeter betragende Wassermenge über die unterhalb dieser Spülbecken gelegenen Strecken des Mündungsgebietes hin und her bewegen und derart gleichzeitig an der Vertiefung des Bettes mitarbeiten und die Fluthentwickelung oberhalb fördern.

Digitized by Google

Wenn die Stosskraft des Wassers nicht mehr ausreicht, die Sohle des Flussbettes zu vertiefen, so muss zu umfangreicheren Baggerungen geschritten werden, durch welche insbesondere die das Strombett in seiner ganzen Breite überquerenden Sandbänke beseitigt werden.

Alle diese Arbeiten werden von der Mündung aus flussaufwärts begonnen.

Die ältesten Regulirungswerke in einer Flussmündung, welche den Seeschiffen den Zugang in das Binnenland eröffneten, wurden 1785 am Clyde ausgeführt, wodurch die kräftige Fluthwelle, die Englands Küste bespült, bis nach Glasgow hinauf nutzbar gemacht wurde. Während man den Clydefluss früher bei Niederwasser an manchen Stellen durchwaten konnte, verkehren heute auf ihm 4000 Tonnenschiffe mit 7,0 m Tiefgang.

In ähnlicher Weise wurde auch der in die Nordsee mündende Tyne bis Newcastle, dem jetzigen Hauptkohlenhafen Englands, regulirt. Bei Niederwasser hatte dieser Seichten von 0,60 m und nur bei Hochfluth Fahrtiefen bis 4,00 m; heute verkehren am Tyne bei niederstem Wasserstande 6,00 m tieftauchende Seeschiffe.

Die früher bestandenen Untiefen der Seine, von oft nur 0,50 m zwischen Havre und Rouen wurden auf 6,30 m vertieft. Während vor der Regulirung 200 Tonnenschiffe bis Rouen 4 Fahrtage benöthigten, verkehren in dem nun gleichmässig gestreckten Flusslaufe 2000 Tonnenschiffe in 10 Stunden. Ausserdem hatte die Schiffahrt früher auf dem viel gewundenen Laufe noch mit einem gefährlichen Feinde, der Mascaret oder Bore, zu kämpfen. Es war dies eine nahezu senkrechte Welle von über 1 m Höhe, welche bei gewissen Seefluthen sich mit grosser Geschwindigkeit stromaufwärts bewegte und dort, wo sie über Flussseichten hinwegrollte, eine verderbliche Wirkung ausübte und zahlreiche Schiffe beschädigte.

Durch die von Franzius begonnenen Regulirungsarbeiten an der Unterweser können heute bis 5 m tauchende Schiffe bis Bremen vordringen. Auf der Weser schliessen sorgfältige Bauten in sanft geführten Krümmungen das Niederwasserbett ein, die Stromspaltungen sind geschlossen und frühere werthlose Wasserflächen sind durch Ablagerung des ausgebaggerten Materiales in fruchtbare Landflächen umgewandelt.

Stromreinigung. Wenn sich eine Schiffahrt erst in Folge richtig ausgeführter Stromregulirungen entwickeln und einen Aufschwung nehmen kann, so sind für deren ununterbrochenen Betrieb nicht minder wichtig die im Schiffahrtswege selbst auszuführenden kleineren Arbeiten, welche unter der Bezeichnung Stromreinigung zusammengefasst werden.

Der Schiffahrtsweg in einem geschiebeführenden Fluss muss fortwährend auf die vorhandenen Fahrtiefen geprüft werden. Derselbe ist insbesondere nach Abgang des Eises und vor Eröffnung der Schiffahrt hinsichtlich der Gestaltung der Fahrstrasse genau zu untersuchen.

Vermalung des Donaufahrweges. Auf der Donau lässt man zu diesem Zwecke die Rechenbaggerdampfer und schwächeren Zugdampfer mit zwei zugekoppelten leeren Schleppen streckenweise zu Thal fahren und durch sie

Digitized by Google

die Tiefen mittels Sondir- oder Peilstangen bestimmen sowie die kritischen Stellen bezeichnen.

Nach jedem Hochwasser ist der Fahrweg neuerlich versandet, und müssen die Fahrtiefen sowohl an den guten als auch an den schlechten Fuhrtschwellen abermals aufgenommen werden.

Zur Erhebung der Fahrtiefen und Bezeichnung des Schiffahrtsweges besteht auf der Donau ein eigens geregelter Dienst, die „Wasserschau".

Grössere, mit acht Schiffsleuten bemannte Kähne, Wasserschauzillen, werden thalab gerudert, verankern sich an den Flussseichten und bezeichnen sorgfältig deren Fahrtiefen. Der Zustand und die Gestalt der seichten Stellen, sowie deren jeweilige Fahrtiefen werden drahtlich oder durch die Führer der vorüberfahrenden Dampfer auf an den Hauptstationen befindlichen Tafeln für die Allgemeinheit veröffentlicht.

Die Bezeichnung der Seichten, die Vermalung, geschieht mittels in den Schotter eingeschlagener Pfähle, Schwemmer oder eiserner kleiner Bojen.

Die Pfähle (siehe Bild 38). erhalten Laub oder Astwerk aufgebunden und heissen „Hasen" oder Staudenhasen. Thalwärts links wird die An-

Hasen Bild 38 Waberl

fahrt mit einem Staudenhasen mit rothem Schwemmer, dem in gewissen Zwischenräumen einfache Stauden ohne Schwemmer folgen, bezeichnet, während die thalwärts rechts bleibende Fahrseite in ähnlicher Weise, jedoch mit auf den Köpfen der Pfähle aufgebundenen Strohwischen oder Strauchwerk, mit „Waberl" bezeichnet wird.

Der „Schwemmer" ist ein ruderförmiges Holz, welches an den Pfahl lose angebunden wird, immer in der Richtung der grössten Strömung schwimmt und dadurch die Stromrichtung kenntlich macht.

Die von den Flössen, den thaltreibenden Schiffen, von Baumstöcken oder von dem Anhange der Zugdampfer immer wieder weggeführten losen Zeichen müssen ersetzt, ebenso deren Stellung in Rücksicht auf die Veränderung des Thalweges neuerlich richtig gestellt, „ausgesteckt" werden.

Bei Schwemmerhasen bricht nur der Pfahl ab, während der am eingekerbten Pfahlende angebundene Schwemmer an der Wasseroberfläche bleibt, wodurch seine Lage gesichert ist.

Bojen. Felsige und unveränderliche Stromseichten bezeichnet man mit Bojen, die thalwärts linke Fahrtbegrenzung mit rothen, die rechte mit schwarzen. Die Bojen sind entweder verankert oder durch mit Sand ge-

Digitized by Google

füllten Säcken auf die Sohle versenkt und werden vor Eintritt der Eisbildung gehoben.

An kritischer Stelle oder in enger Fahrbahn, welche ein Begegnen zweier Fahrzeuge oder Schleppzüge nicht zulässt, wird am Ufer eine Wahrschau eingerichtet, wodurch dem aufwärts fahrenden ein Signal zum Anhalten gegeben wird, bis das thalfahrende Schiff die Fahrenge passirt hat. Diesem Zwecke dienen zumeist Stangen, auf welchen ein weithin sichtbarer Korb, Ballon, Fahne oder eine Tafel aufgezogen wird.

Vermalung des Rheinfahrweges. Am Rhein wird die Fahrrichtung durch Landmarken am Ufer, die Lage der überfluthbaren Regulirungswerke durch Stangen und Bojen bezeichnet. Schwierige Durchfahrten werden insbesondere für die nachts verkehrenden Personendampfer mittels beleuchteter Nachen bezeichnet.

Auf der Strecke von Bingen zu Thal ist bei Niederwasser die schmale Fahrbahn durch eiserne Baken angezeigt, welche am linken Ufer schwarz, am rechten weiss angestrichen sind.

Zwischen Bingen und Mainz ist ausserdem das Fahrwasser auf der linken Seite durch weisse, auf der rechten durch rothe Bojen bezeichnet. An den Stellen, wo die Fahrstrasse sich gabelt, ist sie durch rothweisse Bojen abgebakt, dort wo das Fahrwasser sehr enge ist, liegen zwei schwimmende Tonnen nebeneinander, und dort, wo das Fahrwasser nicht durchfahren werden kann, wird dieses durch eine schwarze Tonne angezeigt.

Vermalung der Elbe- und Oderfahrwege. An der Elbe und Oder geschieht die Bezeichnung des Fahrwassers durch Landbaken (Bild 39). Die schwarzweissen werden am linken, die rothweissen am rechten Ufer auf, in Buhnenköpfen oder Ufervorsprüngen eingetriebenen Pfählen befestigt. Ist der Theilungsstrich der viereckigen Bake A. senkrecht, so wendet sich der Stromstrich und mit diesem die Fahrbahn vom Ufer weg gegen die Strommitte oder das andere Ufer hinüber, ist der Theilstrich B. wagerecht, so folgt das Fahrwasser dem Ufer, auf welcher die Bake steht. Bei Winteranfang werden die Landbaken durch auf Stangen befestigte Strohbüschel ersetzt.

Bild 39.

Auf einigen Oderstrecken wird das Niederwasser ähnlich wie auf der Donau durch Stangen mit und ohne Weidenbüschel bezeichnet. Die Stangen der rechten Begrenzung der Fahrbahn haben auf den Köpfen Weidenbüschel und heissen Mummen, die kahlen Stangen der linken Begrenzung heissen Blossen. Im Strombett liegende Hindernisse werden in gleicher Weise mittels Mummen und Blossen bezeichnet, je nachdem die stromabwärts gerichtete Fahrt links oder rechts am Hindernis vorüberführt. Kritische Stellen werden am Ufer durch rothgestrichene Holztafeln, auf welchen mit weisser Farbe „Warnung für Schiffer" geschrieben steht, auffällig gemacht.

Digitized by Google

Bezeichnung fester Strombauten. Eine sinnreiche Vermalung der Buhnen oder Parallelwerke kann durch die im Bilde 40 dargestellte bewegliche Bake hergestellt werden.

Sie besteht aus einer Stange *a b*, welche, mit einem stärkeren Kopf versehen, unten durch einen Schlitz des hölzernen Balkens *c d* gesteckt und durch einen Bolzen, um den sie sich drehen kann, befestigt ist. Durch das Gegengewicht a wird die Stange in senkrechter Stellung erhalten. Das untere Balkenende bewegt sich in einem Bolzen des eisernen Schuhes d, welcher im Parallelwerk eingelassen ist.

Bild 40

Der Balken nimmt je nach dem Wasserstande eine steilere oder flachere Höhenlage an und die an seinem oberen Ende angebrachte Stange steht immer senkrecht und legt sich nur zeitweilig um, wenn ein grösserer Körper dagegen treibt.

Signaldienste. Insbesondere wichtig ist die Vermalung und der Signaldienst in Stromengen, Felsenstrecken und Katarakten. Zum sorgfältigen Absuchen des Fahrwassers mit felsigem Grunde benützt man eigene Sondirzillen. An einer Seite einer starken breiten Zille wird ein eiserner Rahmen angebracht, dessen senkrechte Streben auf die voraussichtliche Tiefe eingestellt werden. Je nachdem der Rahmen beim Ueberscheeren den Felsboden oder eine Kiesbank stärker oder schwächer berührt, giebt sich dieses durch einen mehr oder weniger heftigen Stoss des Rahmens zu erkennen. Sondirrahmen werden in entsprechender Weise auch zwischen die Bordseiten zweier Zillen eingehängt, wodurch sie breiter gehalten und grössere Flussbreiten absuchen können. Bei grossen Stromschnellen ist zumeist vom Staate ein Signaldienst eingerichtet, welcher das Begegnen von Schleppzügen in den schwierigen und engen Durchfahrten regelt. Derartige Signaldienste bestehen auf der Donau in der Stromenge des Struden, auf den Katarakten und dem Eisernen Thore, am Rheine im Bingerloch und bei St. Goar.

Tiefenmessungen während der Fahrt. Ausser diesen geregelten Stromschaudiensten müssen bei abfallendem Wasser, insbesondere in der Thalfahrt alle Stromseichten während der Fahrt genau untersucht werden, zu welchem Zwecke mit Sondirstangen ausgerüstete Matrosen am Buge des Dampfers die Tiefen messen und dieselben dem Schiffsführer, damit derselbe die Fahrrichtung regle, zurufen.

Baumstöcke. Eine wichtige Aufgabe des Wasserschaudienstes ist es, sich mit der Reinigung des Strombettes von in der Sohle festsitzenden Baumstämmen zu befassen, welche, wenn sie gross, mittels Gangspillen an das Ufer oder an eine höhere, ausserhalb der Fahrbahn liegende Sandbank aufgewunden, verschnitten und dann weggeführt, oder wenn sie handlicher sind, in Zillen fortgeschafft werden.

Digitized by Google

Ein solcher in der Fuhrt steckengebliebener Baumstock kann, wie dieses Bild 41 veranschaulicht, schwere Havarien und oft gänzliches Sinken des Dampfers oder der Schleppe herbeiführen, wenn er so tief liegt, dass er sich an der Wasseroberfläche durch Wirbelbildungen „Breger" nicht kenntlich macht.

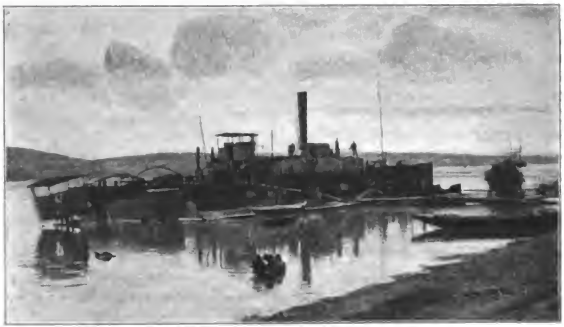


Bild 41. Getreideschlepp, durch einen Baumstock havarirt und gesunken.

Die Baumstämme fallen hauptsächlich durch den Abbruch der Ufer in den Strom. Anfangs schwimmen sie, später saugt sich deren Holz an, das spezifische Gewicht wird grösser und sie bleiben mit ihrer Wurzel an der Sohle hängen, oder sie treiben bei Niederwasser an eine Sandbank, von welcher sie bei höherem Wasserstande wieder in den Strom abgeschwemmt werden. Man muss deshalb jeden auf einer Sandbank bei Niederwasser wahrgenommenen Stamm sofort entfernen.

Bei Hochwasser treiben in der Donau und insbesondere in der Save viele derartige Stöcke. Die im Flussgrunde nur lose hängenden Stöcke b (Bild 42), deren Wipfel von der Strömung stromabwärts gerichtet sind, sind

Bild 42.

den bergfahrenden Dampferanhängen gefährlich, während die zu Thal fahrenden über dieselben meist ohne Schaden zu nehmen hinübergleiten. Die in der Sohle tiefsteckenden a sind insbesondere den Thalfahrenden schädlich.

Die vom Bruchufer abgeschwemmten Bäume setzen sich oft in grösserer Anzahl an und bilden dann ein vollständiges Wehr. In den Seitenarmen des

Digitized by Google

Mündungsgebietes des Mississippi entstehen solcherart grosse, auf alten Baumstöcken ruhende Inseln und Ufer. Einige todte Arme des Mississippi sind kilometerweit mit angeronnenen Baumstöcken bedeckt.

Uferreinigung. Zum Zwecke einer unbehinderten Schiffahrt müssen ferner die im Thalwege liegenden groben Geröllstücke entfernt werden, zu deren Hebung kleine Dampfkrahne in Verwendung kommen. Eine gleiche Aufmerksamkeit erfordert endlich die Untersuchung der mit Bruchsteinen

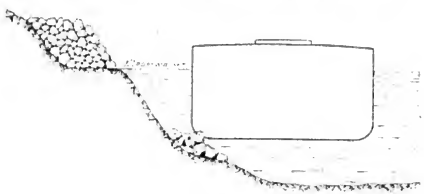


Bild 43.

regulirten Uferböschungen, von welchen bei höherem Wasserstande einzelne Steine in die daneben gehende Fahrbahn rollen, wodurch die an der Böschung landenden Schleppe beschädigt werden können.; Bei Verankerung oder Heftung neben einer Uferböschung muss daher stets die grösste Vorsicht walten und immer sorgfältig sondirt werden. (Bild 43.)

Baggerrechen. Eine auf der Donau eigenartige Einrichtung zur Erhaltung und Schaffung von bestimmten Fahrtiefen bei eintretendem Niederwasser sind die Baggerungen mittels der Rechendampfer.

Der Baggerrechen (Bild 44) ist ein der Egge gleichender dreieckiger, mit schmiedeeisernen Zähnen versehener Eisenrahmen, welcher statt des Ankers am Buge des Dampfers angebracht ist und mittels eines Dampfkrahnes auf die Fuhrtsohle niedergelassen und vom Dampfer durch dieselbe durchgezogen wird, um deren Sohle aufzulockern. Das gelockerte Geschiebe wird zum Theile vom Aufsatze des Baggerrechens, grösstentheils aber durch die Strömung in die thalabwärts der Fuhrtschwelle liegende Bettvertiefung getragen. Nachdem der Dampfer, langsam rückwärts fahrend, die Fuhrtschwelle durchgebaggert hat, hebt er am Fuhrtende den Rechen, fährt in der ausgesteckten Baggerlinie wieder stromaufwärts und beginnt das Spiel von Neuem.

In dieser Weise ist ein Dampfer von 400 ind. HP im Stande, wenn er in der Stromrichtung arbeiten kann und die Strömung genügend stark ist, innerhalb einiger Stunden die Fuhrtschwelle in doppelter Dampferbreite um 0,30 bis 0.40 m zu vertiefen. Eine schärfere Strömung bildet sodann in kurzer Zeit diese vom Dampfer geschaffene Rinne zu einer genügend breiten und tiefen Fahrbahn aus und es wird durch eine derartige Baggerung oft das ganze Geschiebe in Bewegung gebracht und thalwärts, für die Schiffahrt nicht mehr hinderlich, abgesetzt.

Digitized by Google

Die Erhaltung und Schaffung von Fahrtiefen innerhalb bestimmter Grenzen liesse sich auch durch kräftige Dampfstrahlpumpen, welche den Dampf auf die Ränder der Sandbank wirken lassen, erreichen. Die am Buge des

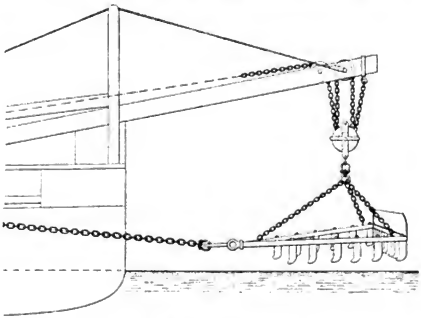


Bild 44. Bug eines Rechendampfers.

Dampfers auf die Sohle hinabreichenden Dampfrohre müssten beweglich sein und in verschiedene Lagen gebracht werden können.

Alte Bauwerke, Wracks. Ausser diesen beweglichen und örtlichen Hindernissen leichterer Gattung sind auch noch die Ueberreste aufgelassener Wehre, alter Bauwerke, gesunkener Schiffsmühlen und Wracks, der Schifffahrt mehr oder weniger hinderlich, weil dieselben ähnlich wie Stromschnellen wirken und zu einer argen Verwilderung des Thalweges führen können.

Oberhalb eines solchen Hindernisses sind immer unregelmässige Flussseichten, unterhalb derselben aber Wechselströmungen. Oft verursachen sie Gabelungen des Stromstriches, in welchem Falle man auf keiner Seite genügende Fahrtiefen findet.

Digitized by Google

II. Theil.

Künstliche Wasserstrassen.

Digitized by Google

4. Abschnitt.

Stauanlagen und Kanalisirung von Flüssen.

Stauanlagen. Während jene Flüsse und Ströme, die schon durch ihre natürliche Verfassung eine Schiffbarkeit ermöglichen, als natürliche Wasserstrassen bezeichnet werden, versteht man unter künstlichen Wasserstrassen diejenigen Wasserläufe, welche nur mittels Bauwerken, Wehr und Schleuse, schiffbar gemacht werden können, sowie die zum Zwecke der Schiffahrt im Festlande künstlich geschaffenen Wasserbette. Erstere sind die kanalisirten Flüsse, letztere die Schiffahrtskanäle.

Die zu kanalisirenden Flüsse erhalten die für die Schiffahrt erforderliche Fahrtiefe und Fahrbreite durch Stauanlagen. Unter Stauanlage versteht man ein in das Flussbett aus Holz, Stein oder Eisen quer zur Strömung eingebautes, das Flussprofil einengendes Werk, durch welches oberhalb desselben eine Erhöhung, Stauung des Wasserspiegels, eintritt.

Die Erhöhung über den ursprünglichen Wasserstand nennt man Stauhöhe. Flussaufwärts eines Wehres, im Stau e, tritt eine Verminderung der Strömung ein, wodurch das Gefälle geringer als das ursprüngliche wird. Die Entfernung vom Wehr flussaufwärts bis zu jener Stelle, wo diese Stauwirkung nicht mehr wahrnehmbar ist, nennt man Stauweite. Der Uebergang vom stärkeren, dem ursprünglichen Flussgefälle nahezu gleichen Gefälle, zum schwächeren bis an das Wehr erfolgt stetig abnehmend, und zeigt der aufgestaute Wasserspiegel das Bild einer flussaufwärts ausbiegenden gekrümmten Linie, die Staukrümmung. Durch den neben dem Wehr offen gelassenen Flussquerschnitt strömt das Wasser mit grösserer Geschwindigkeit vom Oberwasser in das Unterwasser.

Feste Wehre. Ursprünglich benutzte man zur Hebung des Wasserspiegels einfache feste Wehre, welche schräg zum Stromstriche in das Flussbett gelegt wurden und an einem Ufer oder in der Flussmitte eine schmale Oeffnung zur Durchfahrt der Flösse und Schiffe erhielten.

Solange der Unterwasserspiegel einer derartigen Anlage die Krone des Wehres überfliesst, nennt man letzteres Grundwehr. Liegt die Wehrkrone höher als das Unterwasser, so wird es Ueberfallwehr genannt. Die nicht überströmten Stauwerke liegen in der Regel senkrecht zum gestauten Wasserlaufe und erheben sich oft zu einer ansehnlichen Höhe.

Die Grundwehre oder Stauschwellen sind zumeist einfache Bauten, Pfahlreihen, welche eine nur mässige Erhöhung des Wasserspiegels herbei-

Digitized by Google

fahren, ferner Steinwürfe und Senkfaschinen, welche auch zur Sicherung der Flusssohle gegen Unterwaschung eingelegt werden.

Die Ueberfallwehre erfordern dagegen wegen des von ihnen aufzunehmenden grösseren Wasserdruckes eine sorgfältige Ausführung. Sie werden deshalb aus Spundwänden, starken Bohlen, aus Steinquadern, Beton und Mauerwerk hergestellt, erhalten eine starke Fundirung und Widerlager. Sie haben entweder einen senkrechten Wasserabfall, oder eine gegen das Unterwasser geneigte Abschusskrone oder aber einen gekrümmten Wehrrücken.

Ein festes Wehr ist im Bilde 45 dargestellt. Das den Fluss seiner ganzen Breite nach durchziehende, wohlgefügte Mauerwerk, der Wehrkörper, ist gegen Unterspülung fest fundirt. Seine höchste Stelle, die Krone, ist besonders sorgfältig hergestellt. Die Krone theilt den Wehrkörper in zwei Theile, flussaufwärts liegt der Vorboden, flussabwärts der Abfallboden. An letzteren schliesst sich das Sturzbett an, welches die Sohle gegen die Stosskraft der durch das Wehr erzeugten starken Strömung des Wassersturzes zu schützen hat.

Die festen Wehre sind der Abführung der Hochwässer nachtheilig. Ferner wird durch sie die Flusssohle erhöht, weil durch die Vergrösserung des Flussprofils und Verminderung der Geschwindigkeit oberhalb des Wehres vermehrte Geschiebeablagerungen entstehen, welche im Vereine mit dem Wehr den Abfluss beschränken. Der Fluss muss nun, um die ganze Wassermenge abführen zu können, ein stärkeres Gefälle annehmen, wodurch der Stau weiter aufwärts vergrössert wird. Im ruhig fliessenden Stauwasser lagern sich aber alle Sinkstoffe ab und stromabwärts der Ueberfallwehre wird bei starkem Wasserabflusse die Sohle angegriffen, wodurch das Wehr, wenn das Sturzbett nicht genügend widerstandsfähig gebaut ist, unterwaschen wird.

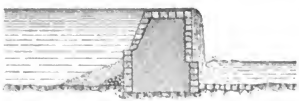


Bild 45. Festes Wehr.

Bewegliche Wehre. Weil die festen Wehre die Verfassung des Flusses benachtheiligen, den Abfluss der höheren Wasserstände behindern und dann Ueberfluthungen herbeiführen, werden sie derart ausgeführt, dass sie bei Eintritt höherer Wasserstände unwirksam gemacht werden können. Solche Bauten heissen bewegliche Wehre und bilden in Verbindung mit den Schleusen die Grundlage zur Kanalisirung der Flüsse.

Die beweglichen Stauwerke werden als Schleusenwehre oder als Nadelwehre angelegt. Bei den Schleusenwehren geschieht der Verschluss mittels Schütze, welche sich entweder an Wehrwiderlager, oder an Zwischenpfeiler, oft auch an eingerammte hölzerne oder eiserne Ständer anlehnen. Sie können ganz oder theilweise geöffnet oder auch gänzlich entfernt werden. In der Regel werden die Schütze aufgezogen, seltener wie Drehthore oder Klappthore verwendet, oder eingelegt. Bei den Nadelwehren wird die Stauwand durch im Flussgerinne senkrecht stehende, dicht aneinander gereihte Stangen, Nadeln, hergestellt.

Jedes bewegliche Wehr muss bei Hochwasser und Eisgang die nothwendige Durchflussöffnung schnell und verlässlich frei geben. Die festen

Digitized by Google

Theile müssen so angeordnet sein, dass sie eine Verengung des Querprofiles in keinem nennenswerthen Ausmasse herbeiführen. Wenn zur Wehranlage eine Ueberbrückung gehört, so muss diese über dem höchsten Hochwasserstande liegen und darf die Schiffahrt nicht hindern. Dieselben Anforderungen sind in Bezug auf alle Theile des Wehres zu stellen, die an dieser Brücke befestigt sind und hochgezogen werden. Hinter den beweglichen Theilen sollen im aufgerichteten Zustande keine grossen Geschiebeablagerungen stattfinden, damit gefährliche Verzögerungen bei deren Oeffnung vermieden werden. Die auf die Sohle umgelegten Wehrtheile dürfen die feste Wehrkrone nicht überragen, damit sie die Schiffsdurchfahrt nicht behindern. Dieselben müssen ferner im niedergelegten Zustande so lagern, dass sich während des Hochwassers auf oder zwischen ihnen nicht zu viel Schlamm absetze, weil sonst die zu deren Aufhube nöthige Kraft so gross wird, dass sie durch einfache Winden nicht mehr geleistet werden kann. Das Stauwerk soll endlich einen festen und möglichst dichten Verschluss gewähren, denn in den Sommermonaten ist die Wassermenge mancher Flüsse oft so gering, dass jeder zwecklose Abfluss einen Wasserverlust bedeutet und einen ungünstigen Einfluss auf die Schiffahrt hervorrufen kann. Je dichter also ein Wehr schliesst, und je einfacher seine Anlage und Bedienung ist, um so besser eignet es sich zur Flusskanalisirung.

Flossdurchlass, Flössereianlagen. Die ursprünglichste Art zwischen zwei aufgestauten Wasserläufen den Verkehr eines Schiffes zu vermitteln, besteht darin, dasselbe auf einen zwischen den Wassergängen geneigt gestellten hölzernen Boden trocken aufzuziehen. Diese alte Beförderungsweise im Flossdurchlasse ist umständlich und nur für ganz kleine Kähne geeignet.

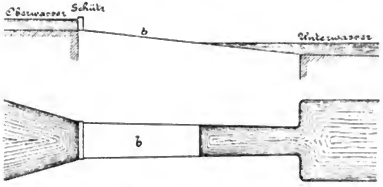


Bild 46. Durchlass mit Abschussboden.

Jeder Flossdurchlass (Bild 46) besteht aus einem in das Wehr der Breite des Flosses entsprechend gemachten Einschnitte, dessen Boden *b* je nach der zur Verfügung stehenden Wassermenge eine bestimmte Neigung bekommt. Am höchsten Punkte des Durchlasses ist gewöhnlich ein Schütz, Balken- oder Nadelwehr zur Erzielung der Wasseranschwellung im Oberwasser. Einen Schützabschluss zeigt Bild 47.

Nach Oeffnung der Schütze oder Entfernung der Balken oder Nadeln entsteht eine lebhafte Strömung aus dem Oberwasser in das Unterwasser, welche der Flösser zur Durchführung seines Flosses um so geschickter aus-

Digitized by Google

nützen muss, wenn er dem in das Unterwasser eintauchenden Flosse, wie solches oft der Fall ist, unterhalb des Durchlasses eine andere Fahrrichtung zu geben gezwungen ist.

Flossgassen werden nur an jenen Stellen eines Wasserlaufes angelegt, an welchen stärkere Aufstauungen, etwa zur Gewinnung von Wasserkräften für Holzsägen und andere industrielle Zwecke, nothwendig sind. Bei geringem Höhenunterschiede zwischen Oberwasser und Unterwasser können die Flösse auch über die Wehre unmittelbar hinwegfahren. Die Einfahrt in die Flossgasse legt man womöglich in die Richtung des Stromstriches.

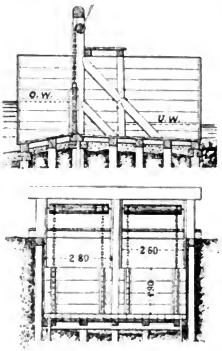


Bild 47. Schützabschluss.

Je nach ihrer Bauart werden die Anlagen Wasserstuben oder Klausen genannt. Erstere bestehen aus abnehmbaren Holzwänden von geringer Höhe, in deren Mitte die mit der Schütze verschliessbare Flossgasse ausgenommen ist. Letztere bilden ein festes Bauwerk, welches mit Dämmen und Mauern abgeschlossen ist und in dem verschiedene Öffnungen angebracht sind, die durch Schütze oder durch sich um senkrechte Achsen drehbare Schlagthore abgeschlossen werden.

Mit den Flossdurchlässen im Zusammenhange sind in der Regel noch die Triftanlagen zum Triften und Landen des Holzes angebracht. Damit das mit der Strömung treibende Triftholz immer im Triftwege bleibe und nicht in Werkkanäle oder Seitenarme eintreibe, werden letztere durch Triftrechen abgesperrt, welche aus Rundhölzern, Spindeln, bestehen, die in Abständen von etwa 0,30 m in die Sohle gerammt werden und so eine Rechenwand bilden. Durch die Zwischenräume der senkrecht stehenden Rechenhölzer fliesst das Wasser ab, während das Triftholz und das Geäste am Rechen hängen bleibt. Zur Führung, zum Anlanden und Auffangen der schwimmenden Bäume dienen die Leit- und Fangrechen, welche eine den Triftrechen ähnliche Bauanlage darstellen. Vor dem Fangrechen lässt man gewöhnlich die Baumstämme sich ansammeln und leitet sie dann auf einmal durch den hinter dem Rechen angelegten Triftkanal zum Holzhofe.

Schiffbare Stauschleuse, Schiffsdurchlass. So wie die Flösse, lässt man auch Schiffe aus oberhalb der Stauwerke aufgespeichertem Wasser mittels einer plötzlich freigegebenen Strömung durch Schiffsdurchlässe von einem Stau zum anderen fahren. Man nennt dieses die Schiffahrt mit Schwellungen. Dieselbe erfolgt, weil zur Aufstauung des Wasserspiegels immer eine gewisse Zeit nothwendig ist, nur zu bestimmten, im Voraus bekannt gegebenen Tagesstunden.

Der Flossdurchgang und die Schiffahrt mit Schwellungen spielt sich fast nur zu Thal ab, weil der Bergschiffzug, wenn es sich dabei auch nur um

Digitized by Google

ganz leicht gebaute und meist leere Schiffe handelt, grossen Schwierigkeiten begegnet.

Die Anlage eines Schiffsdurchlasses ist, je nachdem er in Wasserläufen mit schwachem oder mit stärkerem Gefälle stattfindet, verschieden. Der ursprüngliche Bestandtheil einer Stauschleuse (Bild 48) ist ein in Angeln sich bewegender Thorrahmen, der aus drei Ständern, zwei Querriegeln und einem Querverbande besteht. Dieser Rahmen legt sich gegen eine Sohlenschwelle oder einen Drehbalken, welcher dann gleichzeitig als Steg dient. Die durch die Querbalken und Ständer gebildeten Oeffnungen werden mittels einzusetzender Schützbretter abgeschlossen. Die Schleusung findet derart statt, dass der Schleusenwärter so viele Bretter aus ihren Oeffnungen herauszieht, bis er den leeren Thorrahmen im Wasser zur Seite zu drehen im Stande ist. Das Schiff fährt nun mit oder gegen den Strom durch, worauf das Thor wieder zugedreht und die Schützbretter eingelegt werden.

Die schiffbare Stauschleuse in ebener Gegend erzeugt einen Stau von nur geringer Höhe über der Sohle des Unterwassers und es schliessen sich an die Schwelle wagerechte Böden an. In hügeliger Gegend liegt der Stau höher über der Sohle des Unterwassers und es ist ein Abschussboden nothwendig. Die Durchlässe werden, weil es unvermeidlich ist, dass Schiffe während ihrer Durchfahrt an dieselben anprallen, mit Holz verkleidet oder aus Bohlenwänden hergestellt.

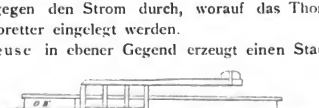


Bild 48. Stauschleuse.

Die Schiffahrt über eine Stauschleuse erfordert eine gewisse Geschicklichkeit. Das Wasser nimmt nämlich bei seinem Uebersturze über dieselbe eine stark abwärts gerichtete Bewegung an, welche sich soweit fortsetzt, bis das Oberwasser die Höhe des Unterwasserspiegels erreicht hat. Hierdurch bilden sich Senkungen im Wasserspiegel, in welchen das Unterwasser in entgegengesetzter Richtung zur Stauvorrichtung zurückströmt. Dieser Gegenstrom geht bis nahe zur Stauschleuse und hört dort auf, wo sein Gefälle nahezu Null und durch die Reibung der Wassertheilchen seine Geschwindigkeit aufgehoben wird. Hinter ihm folgen in gleicher Weise immer neue Wassermassen. Der Hauptstrom zeigt eine spiegelglatte Oberfläche, der Gegenstrom dagegen ist durch zahllose Wellen gekräuselt, welche die Richtung seiner Bewegung erkennen lassen. Die Grenze beider Strömungen kennzeichnet sich durch ein starkes Aufschäumen. Die herabfahrenden Schiffe werden von dieser Gegenströmung, wenn sie nicht stark beladen sind, also eine genügend grosse Masse haben, in ihrer Bewegung plötzlich aufgehalten und können dadurch, wenn sie nicht entsprechend „vorgesteuert" werden, vom Gegenstrom in eine nicht beabsichtigte schädliche Fahrrichtung getrieben werden.

Bei den um vieles längeren Schiffsdurchlässen erhält das Gefälle durch das langgestreckte künstliche Gerinne eine grössere Ausdehnung, daher der Staustrom flacher ist. Er übt deshalb auf das von ihm getroffene Unterwasser nur einen Druck aus, wodurch sich einige hohe, aufstehende Wellen

Digitized by Google

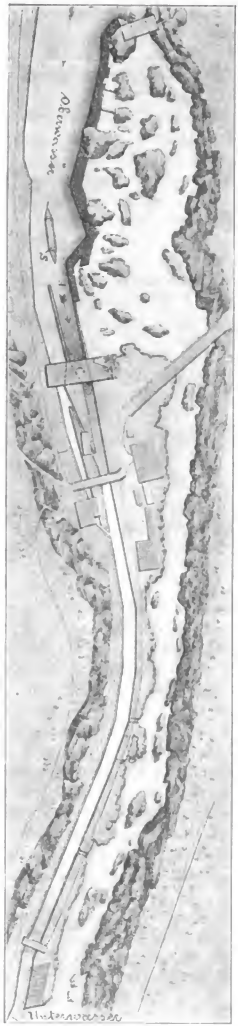


Bild 49. Schiffsdurchlass beim Traunfall.

bilden, welche das durchfahrende Schiff zwar in der Bewegung einen Augenblick auch merklich, jedoch in seiner Fahrrichtung weniger hemmen, als der Gegenstrom unterhalb einer Stauschleuse.

Traunschiffahrt. Eine mittels Schwellungen ausgeübte Schiffahrt besteht heute noch auf der Traun, welche zu diesem Zwecke bei Gmunden vom Traunsee, gegen den sie mit Stauwerken abgeschlossen ist, das nöthige Schwellwasser bekommt.

Die Traunschiffahrt vermittelt die Salzbeförderung aus dem Salzkammergute zur Donau. Die den Fluss befahrenden Trauner haben meist 28 m Länge, 5,30 m Breite und tauchen beladen 0,60 m.

Den Thaltrieb im Traunflusse erhöhen die Schiffer dadurch, dass sie das Schiff mittels langer starker Rundhölzer, Schorrbäume, in der Stromrichtung weiterstossen und dadurch gleichzeitig die gewünschte Steuerrichtung zum Einfahren in die Schiffsdurchlässe erzielen. Die Wirkung des Schorrens ist eine sehr kräftige und erfordert eine besondere Geschicklichkeit des Schiffers. Das untere Schorrbaumende wird in der Fahrrichtung nach vorne zu und nach derjenigen Bordseite in den Flussgrund gestossen, von wo man das Schiff ablenken will. Der obere Theil des Schorrbaumes ist mit einem losen Tau, der Schorrbaumbremse, an den Büffeln des Schiffes, Innhölzern, in der Weise verbunden, dass drei Tauwindungen um den Baum geschlagen sind, während die letzte Windung vom Schiffer zum Nachhängen und Einholen der Bremse festgehalten wird. Wird der Schorrbaum in der Fahrrichtung in den Grund gestossen, so stellt er sich senkrecht, das Schiff fährt ihn an und wird von ihm abgestossen. Nun wird der Baum rasch aus den losen Tauwindungen gezogen und das Spiel beginnt von Neuem.

Digitized by Google

Der längste Schiffsdurchlass der Traun liegt neben dem Traunfalle. Bei einem Gefälle von 15 m hat er eine Länge von 425 m. Im Bilde 49 ist diese Stauanlage mit dem Schiffsdurchlasse dargestellt. Der von dem das Flussbett überquerenden Felsengehächel gebildete Stau wird durch die zwischen und an den Felsblöcken sich anstützenden Wehrwände vergrössert. Bei D befindet sich eine durch ein Schütz abschliessbare Stauschleuse, welche zur Abführung höherer Fluthwellen dient. A bildet die Einfahrt des Schiffsdurchlasses, daneben laufen Mühlengerinne, deren Wasser zwei Mühlen antreiben. Die obere Breite des Schiffsdurchlasses beträgt 9,00 m, von da bis zum Schütz C, mit welchem der Durchlass abgeschlossen wird, 6,00 m und bis zur Ausfahrt in das Unterwasser 7,00 m. Das Schliessen und Oeffnen des Durchlasses geschieht durch Aufwinden des Schützes.

Zu Thal durchfahren die Schiffe diesen Durchlass mit einer Geschwindigkeit von 7,00 m in der Sekunde. Während der Durchfahrt entzieht das Schiff der Rinne das Wasser vollständig, weshalb diese hinter dem Schiff trocken erscheint und sich erst durch die nachkommende hohe Fluthwelle wieder füllt. Die vom Druck des Schiffes erzeugte Stauwelle vor dem Schiffe erreicht eine Höhe von 1,00 m. Während des Herabfahrens gleitet das Schiff in der schmalen Holzrinne ganz sicher, bei der Ausfahrt in das Unterwasser muss es aber mit grosser Geschicklichkeit in dem hier schäumenden und wirbelnden Fahrwasser von dem rechts liegenden Felsen weggesteuert werden.

Stecknitzfahrt. Auch auf der Stecknitz und auf der durch den Stecknitzkanal mit ihr in Verbindung stehenden Delvenau wurde in dieser Weise die Schiffahrt ausgeübt. Im Ganzen wurden 13 schiffbare Stauschleusen, darunter einige bis zu 2,00 m Gefälle, überfahren. Die Stecknitzfahrt, welche durch die Erbauung des Elbe-Trave-Kanals im Jahre 1896 ihr Ende erreichte, ging aus der Trave die Stecknitz hinauf in den Möllnsee und durch die kleine Delvenau bis zur Elbe. Mit dem Bau dieses ältesten künstlichen Wasserlaufes Europas wurde 1390 auf Anregung der Hansastadt Lübeck, welche eine vom Sund und Belt unabhängige Binnenverbindung zwischen der Ost- und Nordsee wollte, begonnen.

Kammerschleuse. Alle Schiffsdurchlässe bilden nur ein sehr unvollkommenes Mittel zur Ueberwindung stärkerer Gefälle, verursachen einen grossen Wasserverbrauch und bereiten, wie schon erwähnt, der Schiffahrt, besonders während des Gegenzuges, Erschwernisse.

Selbst die Schiffbarkeit der mit der See in Verbindung gebrachten Deichschleusen ist nur auf den Zeitraum beschränkt, während dessen das Binnenwasser und das der Ebbe und Fluth unterworfene Aussenwasser nahezu gleiche Höhe haben.

Erst durch die Erfindung der Kammerschleuse, welche es ermöglicht, Schiffe in einfacher Weise von einer höheren Wasserhaltung in eine tiefere zu senken oder zu heben, wurden alle diese Mängel beseitigt. Dieselbe soll in Europa zuerst in Italien von Leonardo da Vinci und als Deichschleuse zu gleicher Zeit in den Niederlanden ausgeführt worden sein.

Digitized by Google

Die Kammerschleuse bildet ein Bauwerk, welches zwei Wasserflächen von verschiedener Höhe durch eine verschliessbare Oeffnung verbindet. Sie vereinigt daher das Gefälle der Kanäle oder Flüsse an bestimmten Stellen. Bei ersteren für sich allein, bei letzteren im Verein mit den Wehren. Bei den Kanälen wird durch die Schleusen das vorhandene Wasser so über das natürliche Kanalsohlengefälle vertheilt, dass es in einzelnen nahezu wagerechten Haltungen eingeschlossen ist. Bei den Flusskanalisirungen machen die Schleusen dagegen die durch die Wehranlagen geschaffenen Staustellen für die Schiffe durchfahrbar und unterstützen dabei den Wasseraufstau. In beiden Fällen ist die Anordnung der Schleuse die gleiche.

Die Kammerschleuse kann man sich dadurch entstanden denken, dass man einen Schiffsdurchlass kurz oberhalb einer gewöhnlichen schiffbaren Stauschleuse anbringt, die Schützen letzterer entsprechend erhöht und den zwischen den beiden Verschlüssen liegenden Raum durch senkrechte Wände zu einer Kammer abschliesst.

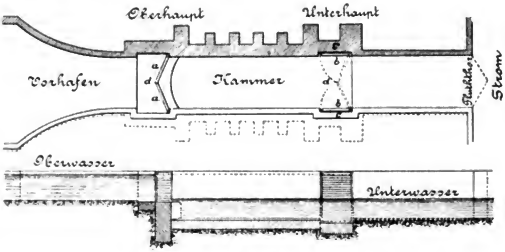


Bild 50. Kammerschleuse.

Die ursprünglichen Verschlussvorrichtungen waren auch einfache Schütztafeln, welche so hoch gehoben wurden, dass unter ihnen die Schiffe in die Kammer aus- und einfahren konnten. Das Füllen und Entleeren der Kammer zum Heben und Senken der Schiffe vollzog sich durch ein geringes Heben der Tafeln. An Stelle der Schütze wurden späterhin einflügelige Drehthore, welche zum Füllen und Entleeren der Kammer verschliessbare Oeffnungen hatten, verwendet. Die einflügeligen Thore wurden schliesslich durch Doppelthore, deren Flügel im Grundrisse einen stumpfen Winkel bilden, ersetzt.

An jeder Schleuse (Bild 50) unterscheidet man:

Die Thore a a, welche, wenn geschlossen, sich mit ihren Unterkanten gegen die Drempel b b anlehnen, wenn offen, in den Thornischen c c liegen, die zu beiden Seiten die Thorkammer d begrenzen. Zwischem dem Drempel des oberen Thores und der Thorkammer des unteren Thores liegt die Kammer. Den oberhalb derselben liegenden Theil nennt man Oberhaupt, den unterhalb liegenden Unterhaupt.

Jenen Schleusen, welche in einen Strom mit stark veränderlichen Wasserhöhen oder in die See münden, giebt man zum Schutze gegen das Hochwasser

Digitized by Google

oder die Fluth in der Fortsetzung des Schleusenunterhauptes ein drittes Thor, das Fluththor, dessen Flügel gegen die Mündungsseite liegen.

Die Anordnung der Schleusenkammern, die Bauart der Thore ist je nach der örtlichen Lage und der Grösse des anzulegenden Schiffahrtskanales oder der Art der Flusskanalisirung verschieden. Im Bau derselben ist in neuester Zeit ein grosser technischer Fortschritt bemerkbar. Insbesondere sind die mechanischen Einrichtungen zum Oeffnen der Thore, die Umläufe zum Füllen und Entleeren der Schleusenkammern sinnreiche Anordnungen.

Schiffschleusung. Die Durchschleusung eines Schiffes geschieht in folgender Weise:

Soll ein Schiff die aufgestaute Wasserhöhe überwinden, geschleust werden, so wird das Thor am Oberhaupte geschlossen und jenes am Unterhaupte geöffnet, wodurch sich in der Kammer der Wasserspiegel in kurzer Zeit auf gleiche Höhe mit dem Unterwasser der Fluss- oder Kanalhaltung stellt. Das Schiff wird in die Kammer gezogen und dann das Thor am Unterhaupte geschlossen. Nun lässt man aus der oberen Staustrecke der Haltung in die geschlossene Kammer mittels der in den Schleusenmauern gebauten Umläufe so lange Wasser einfliessen, bis der Wasserspiegel in der Kammer die Höhe der oberen Fluss- oder Kanalhaltung erreicht und man durch das obere nun zu öffnende Thor in diese einfahren kann.

Bei der Durchschleusung aus der oberen in die untere Haltung wird der umgekehrte Vorgang eingeschlagen; das untere Thor zuerst abgeschlossen, dann das obere geöffnet. Das Oberwasser strömt in die Kammer bis auf die gleiche Spiegelhöhe mit der oberen Haltung, das Schiff fährt in dieselbe ein, dann wird das obere Thor geschlossen und nun aus der Kammer durch die Umläufe das Wasser solange in die untere Haltung ausgelassen, bis der Kammerwasserstand auf die Spiegelhöhe der unteren Haltung gesunken ist. Nach Oeffnung des unteren Thores fährt sodann das Schiff in die letztere ein.

Kanalisirung von Flüssen. Wenn die Wassermenge eines Flusses bei niederem Wasserstande zu gering ist, um ihn mittels der im I. Theile beschriebenen Regulirungsarbeiten der Schiffahrt dienstbar machen zu können, so schreitet man zu seiner Kanalisirung. Derselben hat immer die Beseitigung der Unregelmässigkeiten des Flusslaufes voranzugehen. Der Fluss muss einheitlich gestaltet, seine Krümmungen müssen entsprechend regulirt und die Ufer befestigt werden.

Die Kanalisirung selbst erfolgt dann in der Weise, dass durch Einbau von zumeist beweglichen Wehren möglichst lange Flussstrecken aufgestaut, Haltungen geschaffen, und diese mittels Kammerschleusen mit einander verbunden werden (siehe Längenprofil Seite 128). Die einzelnen Haltungen haben ein nur geringes Gefälle und eine mässige Strömung. Oberhalb der Wehre, wo die Aufstauung am grössten ist, ist das Gefälle am kleinsten und vergrössert sich allmählig mit der Abnahme der Stautiefe nach oben. Wenn die Wehre zum Abflusse höherer Wasserstände zum Theile geöffnet werden, so vermindert sich die Höhe des Stauwassers und es tritt in der Haltung eine stärkere Strömung ein, werden sie aber bei Hochwasser

Digitized by Google

völlig geöffnet oder entfernt, so kommt das ursprüngliche Gefälle des freifliessenden Flusses wieder zur Geltung.

Bei grösserem Flussquerschnitte schafft man in den Wehren bestimmte Oeffnungen, welche als freie Schiffsdurchfahrt bei höheren Wasserständen benutzt werden, wodurch den Schiffen zeitweilig die mit der Durchschleusung verbundenen Aufenthalte erspart werden. In der Regel vermitteln jedoch nur die Schleusen den Verkehr der Schiffe über die einzelnen Staustufen.

Feste und bewegliche Kanalisirungsanlagen. Das Stammland der Flusskanalisirungen ist Frankreich, dessen Flüsse wegen ihres Geländes, ihres grösseren Gefälles und Geschiebes, wegen ihrer starken Hochwässer und lange andauernden niederen Wasserstände durch Kanalisirung in besonders vortheilhafter Weise schiffbar gemacht werden konnten. Ermöglicht wurden dieselben durch das dort von Poirée erfundene Nadelwehr, mit welchem man die grösseren Flussgefälle in einfacher Art überwinden konnte.

Das Nadelwehr wird auch heute noch wegen seiner Einfachheit und Billigkeit den übrigen beweglichen Stauanlagen vorgezogen. Allerdings haben die Nadelwehre den Nachtheil, dass sie bei Eintritt von Frostwetter rasch entfernt werden müssen, weil sonst die Nadeln leicht zusammenfrieren. Ferner beansprucht das Herausnehmen und das Einlegen der Nadeln mehr Zeit, als das Oeffnen und Schliessen von Schützen oder das Umlegen und Aufrichten von Verschlussklappen; endlich ist deren Abdichtung nicht vollkommen.

Feste Wehre wendet man dagegen bei Kanalisirungen nur in vereinzelten Fällen, in tief eingeschnittenen Flussbetten an, wie beispielsweise an der Lahn und an der ersten Staustufe der Fulda. Fast immer wird das Wehr seiner ganzen Länge nach beweglich eingerichtet, damit es leicht entfernt werden könne und dann bei Hochwasser das Durchflussprofil nur in ganz geringem Masse einschränke und die Durchfahrt der Schiffe gestatte.

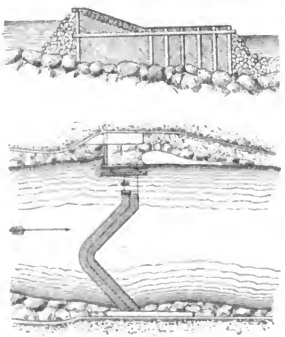


Bild 51. Feste Wehranlage im Templeflusse. (M. = 1:5000)

Der tiefer eingeschnittene Theil des Wehres bildet den Schiffsdurchlass, welcher neben der Schleuse in der Richtung des Stromstriches gelegt und bei höheren Wasserständen oder bei Ausbesserung der Schleuse für den Schiffsverkehr geöffnet wird. Die übrigen Theile des Wehrs, das Fluthgerinne, haben einen etwas höheren Rücken.

Die Länge des Wehrs ergiebt sich aus der durchfliessenden Hochwassermenge. Bei grösserer Flussbreite werden die beweglichen Wehranlagen zwischen starken Zwischenpfeilern in Längen von je 50 bis 100 m Weite ausgeführt.

Eine feste Kanalisirungsanlage zeigt Bild 51, eine bewegliche Bild 63, Seite 126.

Digitized by Google

Nadelwehre. Das erste Nadelwehr wurde im Jahre 1837 bei Epineau in der Yonne, anschliessend an ein steinernes Wehr, errichtet.

Bei jedem Nadelwehr werden die eisernen oder hölzernen Nadeln in beliebiger Zahl eingesetzt oder weggenommen. Die zum Stützen derselben bestimmten Rahmen sind derart gebaut, dass sie in Theilen beseitigt oder auf die Flusssohle niedergelegt werden können. Letztere Anordnung ist die gebräuchlichste.

Zuweilen werden die Nadelwehre an eine Flussbrücke angelehnt. Der die Nadeln aufnehmende Balken ruht dann mit seinen Enden an den Brückenpfeilern und wird in einem Zahngestänge mittels einer am Brückengeländer angebrachten Aufziehvorrichtung in die Höhe gehoben, wodurch die Nadeln ihre Unterstützung verlieren, herausfallen und das Wehr öffnen. Damit die Nadeln nicht fortschwimmen, sind sie entsprechend vertaut.

Bild 52 veranschaulicht die gewöhnliche Form eines Nadelwehres in der Quer- und Vorderansicht. Das Umlegen der Rahmen ist schematisch dargestellt. Die Nadeln A lehnen an eisernen Rahmen B, welche, um eine

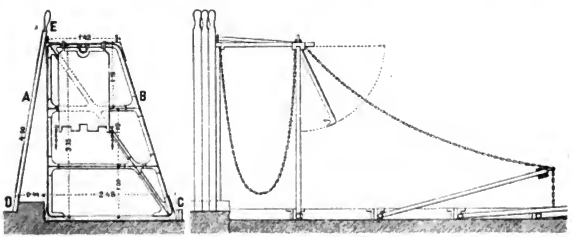


Bild 52. Nadelwehr.

wagerechte Achse C drehbar, auf die Flusssohle niedergelegt werden. Die einzelnen Rahmen sind durch eiserne Stangen in senkrechter Stellung voneinander gehalten. Je zwei Rahmen bilden einen Nadelwehrbock. Sind die Rahmen niedergelegt, so lagern sie derart in einer Vertiefung der Sohle, dass sie über letztere nicht herausragen. Die Nadeln stützen sich mit ihrem unteren Ende gegen den Vorsprung D im Wehrboden, mit dem oberen gegen die Nadellehne E, auch Holm genannt. Die Länge der eisernen Holme ist gleich der Entfernung der einzelnen Böcke von einander. Als untere Anlehnung für die Nadeln werden auch in der Sohle angebrachte Langschwellen verwendet, welche durch Querschwellen in der für die Rahmen passenden Entfernung gehalten werden.

Nachdem die Nadeln nur an ihren Endpunkten oben und unten unterstützt sind, müssen sie so stark sein, dass sie freitragend dem Wasserdrucke widerstehen können. Anderseits dürfen sie, damit sie im Bedarfsfalle rasch entfernt werden können, nicht zu lang und zu schwer gemacht werden.

Die Nadeln werden auch in Bohlen gesteckt. Vor den angelehnten Nadeln stecken dann Bolzen. Will man das Wehr öffnen, so wird der Bolzen aus

Digitized by Google

seiner Bohle herausgezogen und letztere mit einer Hebelbarre soweit verschoben, bis die darin befindliche Nadel ihre obere Stütze verliert und herausfallt.

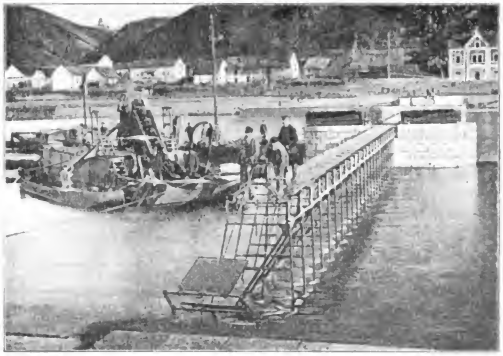


Bild 53. Aufstellen des Moldauwehres bei Klečan.

Eine einfache Anordnung zum raschen Entfernen der Nadeln bildet die am Seinewehr bei Port à l'Anglais und bei den Oderwehren bestehende

Bild 54. Wehranlage an der Moldau bei Klečan.

Vorrichtung. Jede Nadel ist dort mit einem Hacken versehen, an dem sie, wenn emporgehoben, um eine oben am Rahmen angebrachte runde Stange frei schwingt. Das Aufziehen der Nadeln erfolgt dann in der Weise, dass ein

Digitized by Google

oder zwei geübte Arbeiter über den Nadelwehrsteg schreiten und jede Nadel so hoch heben bis sie ihre untere Stütze gegen die Wehrkrone verliert und nun am Hacken frei hängt. Wenn die ganze Stauwand ausgehoben ist, findet die Bergung der Nadeln auf einmal statt. Bei Port à l'Anglais läuft zu diesem Zwecke auf einem Geleise der Wehrbrücke ein Wagen, welcher die Nadeln rasch aufnimmt und in einen Schuppen befördert. Das Herausnehmen und Wegführen von 100 Nadeln von 3,50 m Länge erfordert dort eine Stunde. Man hat auch Vorrichtungen, mittels welcher man ganze Bündel von Nadeln auf einmal entfernen kann; in diesem Falle sind sie, damit sie nicht verloren gehen, untereinander mit einer Kette verbunden.

Das Niederlegen und Aufstellen des Wehres findet fachweise statt. Die einzelnen Wehrrahmen sind mit Ketten so verbunden, dass von jedem stehenden der Nachbarrahmen niedergesenkt oder aufgezogen werden kann. Diese Handhabungen können auch vom Ufer aus mittels eines Windewerkes geschehen. Die Rahmen tragen dann Ringe, in welchen Rollen angebracht sind, über welche eine fortlaufende Kette geht. Wird die Kette am Ufer

Bild 55. Umgelegtes Nadel- und Klappenwehr.

aufgewunden, so stellt sich ein Rahmen nach dem andern auf und in umgekehrter Ordnung werden sie durch Nachhängen der Kette wieder niedergelegt.

Das Beseitigen der Nadeln und das Umlegen der Böcke und des Bedienungssteges auf die Flusssohle ist im Allgemeinen eine einfache Handhabung. Die Wiederaufrichtung erfordert jedoch schon mehr Zeit und erfolgt in umgekehrter Reihenfolge durch Aufziehen und Feststellen der Böcke und der Bedienungsbrücke sowie durch Aufstellen der Nadeln. Letzteres geschieht nicht auf einmal, sondern man lässt, um keine grössere Stauhöhe als unbedingt erforderlich ist zu erzeugen, Oeffnungen in der Wand frei, die dann späterhin bei fallendem Wasser allmählig geschlossen werden. Das Aufbringen der Nadeln ist mit Schwierigkeiten verbunden und wegen der heftigen Gewalt des strömenden Wassers nicht gefahrlos. Die Nadeln werden einzeln nach vorwärts in das Oberwasser gestossen, wobei deren untere Enden von der Strömung abwärts getragen von selbst in den Vorsprung der Wehrkrone einfallen. Damit die Nadeln dicht aneinander schliessen, erhalten sie einen entsprechenden Querschnitt und werden zuweilen noch mit Gummiwülsten oder Leder abgedichtet.

Digitized by Google

Bild 53 veranschaulicht das Aufstellen und das Zusammenfügen einer Wehranlage und Bild 54 das in Wirksamkeit befindliche Wehr. Im Bilde 55 ist eine niedergelegte Wehranlage dargestellt. Bei dieser Anordnung ist flussabwärts vom Nadelwehr noch ein Klappenwehr angebracht.

Klappenwehre. Ausser den Nadelwehren sind bei Flusskanalisirungen noch in Verwendung die Klappenwehre, bei welchen die Stauwand mit, um eine wagerechte Achse drehbaren eisernen oder hölzernen Klappen, welche auf den Wehrrücken aufgestellt und niedergelassen werden, hergestellt wird: ferner die Schützwehre, bei welchen der Stau durch aufziehbare Rolltafeln oder Schütze erzeugt wird.

Bei jedem Klappenwehr werden auf dem im Flussbett in mässiger Höhe liegenden festen Wehrrücken die auf ihm angebrachten Klappen, zumeist hölzerne Tafeln, lothrecht oder geneigt aufgestellt und stauen dadurch das Wasser auf. Zur Zeit hoher Anschwellungen werden sie am Wehr niedergelegt. Im aufgerichteten Zustande sind die Klappen mittels an ihren oberen Kanten befestigten Streben gegen den Wasserdruck gehalten. Die eisernen Streben stützen sich in im Wehrrücken angebrachten Eisenschuhen. Sobald man die Strebe seitwärts aus dem Schuh zieht, legt der Wasserdruck die Klappe nieder. Die Abstützung der Streben wird auch dadurch aufgehoben, dass alle Schuhe mittels einer vom Ufer aus bewegten Zahnstange verschoben werden, wobei eine Klappe nach der anderen niederfällt.

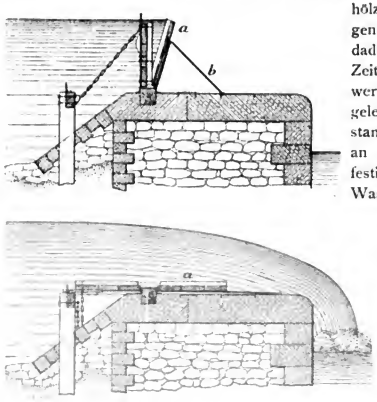


Bild 56. Doppelklappenwehr.

Um das Aufrichten der Klappen gegen den Wasserdruck leichter zu bewerkstelligen, sind vor denselben zuweilen Gegenklappen angebracht, die stromaufwärts niedergelegt werden. Eine derartige Anlage ist das im Bilde 56 gezeichnete, von Thénard und Mesnager auf dem Isleflusse gebaute Doppelklappenwehr.

Die flussabwärts stehenden Klappen a werden von den Streben b, die vor diesen flussaufwärts stehenden Gegenklappen von Ketten gehalten. Bei mittlerem Wasser sind letztere gewöhnlich niedergelegt und an ihrem Kopfe befestigt. Bei zunehmendem Wasserstande wird diese Befestigung ausgelöst und jede Gegenklappe wird vom Strome soweit aufgerichtet, als es die Kettenlänge gestattet. Die Gegenklappen stauen nun das Wasser

Digitized by Google

auf und diese Zeit benützt man, um auf den hinter ihnen noch trocken liegenden Wehrrücken die Klappen a aufzustellen. Hat nun der Stau die Ränder dieser Hauptklappen erreicht, so hört der Wasserdruck auf die Gegenklappen auf, dieselben werden wieder niedergestossen und in ihren Federhacken festgeklappt. Klappen und Gegenklappen werden auch in geneigter Richtung zu einander stehend angeordnet.

Schwimmerklappen. Die Klappen auf Ueberfallwehren werden auch so eingerichtet, dass sie sich durch den Wasserdruck von selbst aufrichten und niederlegen. Diese Anlagen nennt man selbstwirkende Wehre. Sie werden besonders bei Speisebecken von Kanälen und für Bewässerungsanlagen verwendet. Für die Schiffahrt entsprechen sie weniger, weil sie die Oeffnung nicht vollständig freigeben. Im Bilde 57 ist ein selbstwirkendes Wehr dargestellt. Die Klappe ist mit dem Drehpunkte P an einem Schwimmer befestigt, welcher sich wieder selbstständig um den Punkt D bewegt. Eine grössere Anlage dieses von Krantz konstruirten Wehres wurde in einem Seitenarme der Seine, bei Marly ausgeführt.

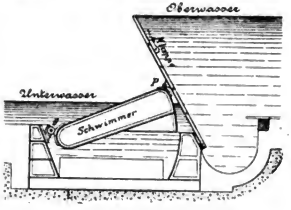


Bild 57. Schwimmerklappen.

Trommelklappen. Eine andere Art selbstwirkendes Klappenwehr (Bild 58) besteht an acht Stauanlagen der kanalisirten Marne. In jedem Ueberfallwehre sind 33 bis 35 derartige eiserne Klappen eingebaut. Jede Klappe dreht sich um ihre Achse, schliesst sich an eine gemauerte cylindrische Fläche und mit ihren Seiten an Hochwände, welche die einzelnen Klappen zellenartig von einander scheiden, an. Die im Bilde gezeichneten Zuflussöffnungen liegen über und zur Seite des cylindrischen Raumes und stehen mit den Zellen, in denen sich die Klappen bewegen, in Verbindung. Man kann sie durch Schiebventile beliebig mit dem Ober- oder Unterwasser in Verbindung setzen und hierdurch auf der einen oder der anderen Seite der Klappenflügel einen Ueberdruck veranlassen, der die Klappe hebt oder senkt.

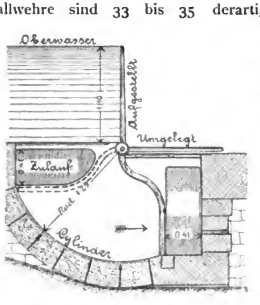


Bild 58. Trommelklappen.

Eine verbesserte Anlage einer solchen Einrichtung wurde beim Schiffsdurchlass bei Charlottenburg als Trommelwehr angewendet. Dieses Trommelwehr besteht gleichfalls aus einer zweitheiligen Klappe, welche um eine wagerechte, auf einer Wehrkrone liegenden Achse drehbar ist. Der kürzere Theil dient als Stauklappe. Der längere und

Digitized by Google

tiefer liegende Flügel liegt in der im Wehrkörper ausgesparten cylindrischen Zellenkammer, welche er, wenn aufgestellt, in zwei Hälften scheidet, die durch Umläufe abwechselnd mit dem Ober- und dem Unterwasser in Verbindung gesetzt werden können. Je nachdem man Ober- oder Unterwasser auf der einen oder der anderen Seite des grossen Flügels wirken lässt, richtet sich die ganze Trommelklappe auf oder sie legt sich nieder. Diese Bewegungen geschehen rasch und verlässlich.

Ausser diesen Anlagen bestehen noch verschiedene Anordnungen, mittels welcher die Klappen entsprechend gehandhabt werden können, wie beispielsweise das hydraulische Wehr von Girard an der Yonne und die Wehranlage an der Ouse oberhalb York, deren Klappen durch angehängte Gegengewichte in aufrechter Stellung erhalten werden.

Schütz- und Rollwehre. Die Schütz- und Rollwehre sind im Bilde 59 dargestellt. Das rechtsstehende zeigt ein Feld des von Caméré 1886 vollendeten Rollwehres von Poses an der Seine, welches bei Niederwasser ein Gefälle von 4,20, bei Hochwasser ein solches von 4,60 m hat. An einer Brücke hängen an Aufhängungspunkten drehbare Blechbalken, die sich unten an eine Schwelle stützen. Je vier solcher Blechbalken sind zu einem Rahmen vereinigt, welcher mittels zweier Ketten von einem Krahne aufgehoben wird und sich dann wagerecht unter die Brücke legt. Der Rahmen kann auch in seinem Drehpunkte so weit gehoben werden, dass er über die Anschlagschwelle kommt und dann nach der Strömungsrichtung beweglich wird, wodurch seine Hebung leichter erfolgt. Die einzelnen Balkenfelder werden mit hölzernen oder eisernen, den Fensterrolladen ähnlichen Verschlüssen ausgefüllt. Solche Rolladen werden zuweilen auch zur Abdichtung über Nadelwehrböcke gelegt, wie beispielsweise an der Seine im Schiffsdurchlasse von Villez.

Bild 59. Schützwehr und Rollwehr.

Statt der Rolladen verwendete Boulé in den Balkenfeldern Schütztafeln. (Im Bilde 59 links, vorne stehend.) Der Rollladenverschluss von Caméré bewirkt eine rasche Entlastung, da die Oeffnung unter starkem Drucke von unten geschieht. Sein Aufziehen erfordert dagegen bei grösserem Fluthgefälle einen erheblichen Kraftaufwand, weil auf den unteren, jalousieartig aufzurollenden Tafeln dann ein grosser Wasserdruck lastet. Der Schützverschluss von Boulé wirkt dagegen von Anfang an selbstthätig durch Ueber-

Digitized by Google

fall über die Schützen, besonders bei rasch eintretenden Fluthen. Aus diesen Gründen hat man beim Wehr von Suresnes (Bild 60) abwechselnd Rollladen und Schütztafeln angewendet. Mit letzteren erfolgt die gewöhnliche Regelung des Stauspiegels, erstere werden nur bei höheren Wasseranschwellungen gezogen, nachdem durch die geöffneten Schutzöffnungen bereits genügend Wasser dem Unterwasser zugeführt wurde und dieses gestiegen ist, wodurch der Wasserdruck auf den 4,00 m hohen und 1,10 m breiten Rolladen verringert wurde und diese trotz ihres Gewichtes von 700 kg leicht gehoben werden können.

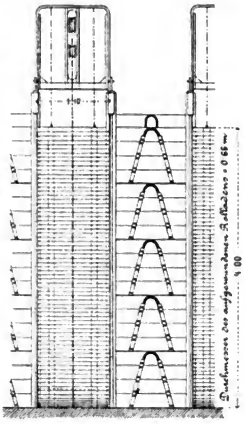


Bild 60. Wehrabschluss von Suresnes.

Diesen Seinewehren ähnlich sind die Bauanlagen am St. Marysfall-Kanale und jene bei Pretzien nächst Magdeburg, welche gemeinsam als Vorbilder für die Absperrung des Wiener Donau-Kanals bei Nussdorf gedient haben. Beim Wehr von Pretzien, welches einen Umflutungskanal für das Hochwasser der Elbe abschliesst, hat jeder aus zwei Blechbalken bestehende Rahmen einen Gusskopf mit einem Charnierstück, welches in einen an der Fussplatte angebrachten Querschlitz als Falle eingreift und den Rahmen feststellt. Ein Arm des Charnierstückes wird mittels einer Kette von der Brücke aus angezogen, wodurch der Rahmen wieder frei wird und nun auch mit einer Kette gehoben werden kann. Die Füllung der Rahmen geschieht mit Buckelplatten, welche übereinander stehen und einzeln mit Drahttauen von der Brücke aus aufgezogen werden.

Cylinderwehr. Zum Schlusse sei noch auf eine in Südfrankreich angewandte besondere Bauart eines Wehres hingewiesen. Dort kreuzt ein Kanal, welcher Cette mit der Rhône verbindet, einen kleinen Küstenfluss des Mittelmeeres, dessen plötzlich eintretende Hochwässer und Sinkstoffe vom Kanal abgehalten werden mussten. Als Stauwand wählte man deshalb einen genügend hohen Streifen eines Kreiscylindermantels, welcher in seiner Achsenrichtung quer über den Kanal gelegt wurde und vom Ufer mittels eines Rades von gleichem Durchmesser gedreht, die seiner Höhe entsprechende Oeffnung in wenigen Minuten abschliessen kann. Diese Einrichtung hat den Vortheil, dass kein Theil des beweglichen Wehres auf der Krone befestigt ist und die ganze Stauvorrichtung rasch entfernt werden kann. Die Breite des Wehres beträgt 20 m, die abzuschliessende Stauhöhe 1,75 m. Auch in Charlottenburg befindet sich am Werderschen Mühlgraben ein auf ähnlicher Grundlage gebautes Cylinderwehr.

Welche von den hier beschriebenen Bauarten im einzelnen Falle am zweckmässigsten ist, müssen die örtlichen Umstände ergeben. Im Allgemeinen

Digitized by Google

werden für Kanalisirungen noch immer die Nadelwehre, insbesondere auf Flüssen, die keine übermässigen Stauhöhen erfordern, bevorzugt. Wo plötzlich eintretende und starke Anschwellungen zu befürchten sind, besteht allerdings die Gefahr, dass der Bedienungssteg des Nadelwehres vor gänzlicher Niederlegung desselben schon überfluthet wird, und dann alle Nadeln rechtzeitig nicht mehr entfernt werden können, in welchem Falle die Wehranlage von der Hochfluth zerstört werden kann. Noch schlimmer ist aber dann der Schaden, den das nunmehr aufgestaute Hochwasser oberhalb des Wehres anrichtet. Man wendet deshalb gerne hinter dem Nadelwehr noch eine andere Wehrart an, die es gestattet, vom hochwasserfreien Ufer aus einen beträcht-

Bild 61. Wehranlage an der Seine bei Poses.

lichen Theil der Stauanlage schnell niederzulegen und eine wesentliche Erniedrigung des Aufstaues herbeizuführen. Dadurch erleichtert man dann nicht nur das Niederlegen des Nadelwehres, sondern man verlängert auch die dazu verfügbare Zeit. Die Schiffsdurchlässe sind hierzu besonders passend, denn sie sind meistens nicht so breit, als dass sie nicht ein Trommelwehr oder einen ähnlich rasch zu handhabenden Verschluss aufnehmen könnten.

Kanalisirungen in Frankreich. Von den in Frankreich ausgeführten Kanalisirungen ist vor allem jene des Unterlaufes der Seine von 7 km oberhalb Paris bis Rouen anzuführen. In einer Stromlänge von 232 km, wurden im Ganzen 9 Wehranlagen errichtet, wodurch der Verkehr von 3 m tauchenden Seeschiffen, nachdem auch das Mündungsgebiet der Seine von Rouen bis Havre für solche regulirt wurde, bis zur Hauptstadt Frankreichs ermöglicht wird.

Digitized by Google

Die vielfach gekrümmte Seine hat unterhalb Paris ein Gefälle von 25 m, bis zur Einmündung der Oise eine Breite bis 200 m, unterhalb dieser eine solche bis 300 m. Die Niederwassermenge fällt bis 60 cbm, das Hochwasser steigt bis 2200 cbm. Der Einfluss der Gezeiten reicht bis Poses, 40 km. oberhalb Rouen. Nachdem die Flussufer 5 m über dem Niederwasser liegen und nur einige tiefer gelegene Strecken Deichanlagen erforderten, war die Kanalisirung ohne erhebliche Schwierigkeit durchführbar und hatte den grossen Erfolg, dass die früher geringste Wassertiefe von 0,70 m auf 3,20 m aufgestaut werden konnte.

Jede Wehranlage besitzt eine grosse und eine kleine Schleuse. Erstere sind für den Verkehr ganzer Schleppzüge bestimmt und können gleichzeitig

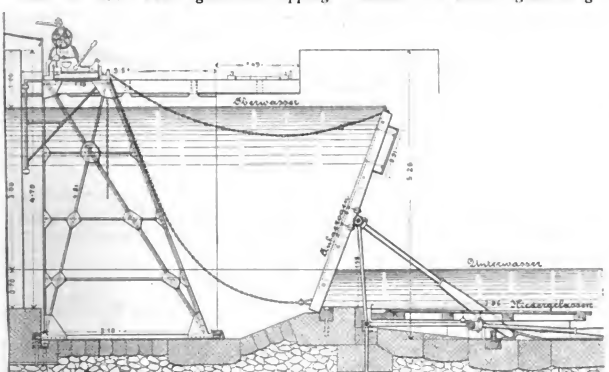


Bild 62. Schiffsdurchlass bei Port à l'Anglais.

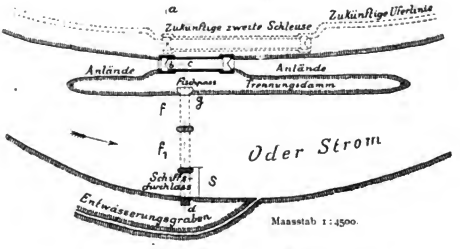
vier bis sechs grössere Schiffe oder aber neun Pinassen von je 38,5 m Länge und 5 m Breite aufnehmen. In den kleinen Schleusen finden einzelne Schiffe bis 50 m Länge und 8 m Breite Platz. Die Schleusenkanäle sind an der Sohle bis 25 m breit. Die kleinen Schleusen haben 8,20 m Thorweite und 60 m Länge zwischen den Drempeln, die neuen Schleppzugschleusen bei 12 m Thorweite 17 m Kammerweite und 160 bis 179,5 m Länge. Die Unterdrempel letzterer liegen 3,20 m tief, deren Oberdrempel 4,20 m unter dem Stauspiegel.

Die grösseren Gefälle von Poses, Suresnes, Bézons und Andrésy, ferner die Wehranlage von Villez werden mit Rolladen und Schütztafeln abgeschlossen, die übrigen Stauwerke mit geringeren Gefällen durch Nadelwehre. Bei über 2,80 m Druckhöhe konnte man Nadeln deshalb nicht anwenden, weil sie zu lang, unhandlich und zu schwer geworden wären.

Die obere Seine von der Marnemündung bei Port à l'Anglais bis zur Yonne bei Montereau wurde mittels 11 Staustufen mit Nadelwehren kanalisirt und hierdurch eine Fahrtiefe von 2,00 m erzielt, während früher nur 0,50 m vorhanden waren.

Digitized by Google

Von den Wehranlagen der Seine sind im Bilde 61 das von Poses und im Bilde 62 der Schiffsdurchlass bei Port à l'Anglais dargestellt. Das Wehr von Poses ist das vorletzte an der unteren Seine. Die Pfeiler stehen 34 m voneinander entfernt und sind von der Sohle 15,25 m hoch. Die Wasserkraft am Wehrgefälle wird in elektrische Energie umgesetzt, welche



Schnitt a b c d durch die Wehranlage.

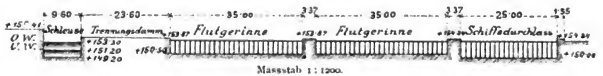


Bild 63. Lageplan und Querschnitt der Oderwehranlage.

unter allen Umständen ausreicht, um die jeweilig vorhandenen Wehrelemente zu bedienen.

Ausser an der Seine wurden in Frankreich grössere Kanalisirungswerke noch an der Yonne, Saône, Marne, Oise, Saar, dem Cherflusse, sowie

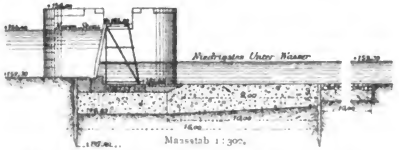


Bild 64. Schiffsdurchlass beim Oderwehr von Konty.

an der Mosel und der Maas geschaffen. Von diesen Wehranlagen ist die Vorrichtung zum rascheren Schliessen des Schiffsdurchlasses beim Saône-Rhôneabschluss nächst Mulatière oberhalb Lyon anzuführen, bei welchem der 103,6 m weite Schiffsdurchlass durch 4,35 m hohe und 1,40 m breite eiserne Klappen, ähnlich wie bei Port à l'Anglais, in der Weise geschlossen wird, dass diese von den im Flussgrunde stehenden Fussplatten von der Bockbrücke aus mittels Kette abgezogen werden, von diesen herunterfallen und sich am

Digitized by Google

Wehrrücken aufstellen, wobei deren untere Kanten von einem Sohleneinschnitt gehalten werden.

Kanalisirungen in Deutschland. Von den in Deutschland durchgeführten Kanalisirungen ist in den Abbildungen 63 und 64 eine von den auf der oberen Oder ausgeführten Nadelwehr- und Schleusenbauten dargestellt. Bild 63 zeigt den Lageplan und den Querschnitt dieser Wehranlage. Die Theile f und f_1 bilden das Fluthgerinne, in welchem die Nadelwehre stehen. S ist die freie Schiffsdurchfahrt und g der Fischpass. Bild 64 stellt den Schnitt durch einen Nadelwehrbock und einen Wehrpfeiler dar.

Durch die Kanalisirung der Oder von Kosel bis zur Neissemündung war es möglich, diese Strecke für Schleppe von 450 Tonnen Tragfähigkeit schiffbar zu machen, während sie früher nur von 200 Tonnenschleppen befahren werden konnte. Der kanalisirte Flussabschnitt ist 84 km lang, das Gefälle beträgt 1 : 3150. Die Stauhöhe der 12 durch Kammerschleusen verbundenen Staustufen schwankt zwischen 1,75 und 2,60 m, die Entfernung der einzelnen Stufen beträgt 4,3 bis 8,5 km. Die Wehre haben 77,8 bis 125,0 m Weite und bestehen aus je zwei Fluthöffnungen und einem Schiffsdurchlass von 25 m Oeffnung. Die Nadeln sind an den Enden zugespitzt, in der Mitte 10 cm dick, in den Fluthwehren 3,80 und in den Durchlässen 4,50 m lang. Die Kammerschleusen haben 55 m nutzbare Länge, 9,6 m Weite, deren Drempel liegt 2,00 m tief. Die Staustufen der Oder dienen gleichzeitig dazu, das Wasser oberhalb der Wehre abzuleiten und zur Bewässerung von Grundstücken zu verwenden.

Ausser dieser Oderstrecke wurden in Deutschland durch Kanalisirungen noch die Saar, Mosel, Brahe, Netze, Lahn, der Main zwischen Frankfurt und dem Rheine, die Spree, Fulda und die Ems dem allgemeinen Schiffahrtsverkehre zugeführt. Die Staustufen wurden mit Ausnahme jener an der Spree und der Netze, wo auch Schützenwehre verwendet wurden, durch Nadelwehre gebildet.

Auf der Saar und Mosel wurde im Anschlusse an die französischen Kanalisirungswerke eine Wassertiefe von 2,00 m für 300 Tonnenschiffe geschaffen, auf der Netze eine solche von 1,20 m.

In der Lahn wurde ein festes Ueberfallwehr mit geschweiftem Profil 1,90 m über dem Niederwasser errichtet, wodurch eine Staulänge von 4,5 km erzielt wurde.

Im Main zwischen Frankfurt und dem Rheine wurde eine Wassertiefe von 2,50 m erreicht, welche den Verkehr von 1000 Tonnenschiffen ermöglicht. Die Strecke ist 36 km lang und hatte früher bei 10,4 m Gefälle eine Fahrtiefe von kaum 1,00 m. Die Mainschleusen haben 2,50 m Drempeltiefe, 10,5 m Weite und 80 m nutzbare Länge. An dieselben in 245 m Länge anschliessend, hat man vor einigen Jahren ein zweites 12 m weites Unterhaupt angefügt, wodurch eine Schleppzugschleuse zur Aufnahme von 1 Dampfer mit 4 bis 6 Rheinschleppen geschaffen wurde. Die Wehranlagen sind je nach der Flussbreite 108 bis 164 m weit und haben 2 bis 4 Oeffnungen. Am rechten Ufer läuft ein 12,00 m breites Flossgerinne, welches durch ein Trommelwehr abgeschlossen wird. Durch diese bedeutenden Werke im Vereine mit den

Digitized by Google

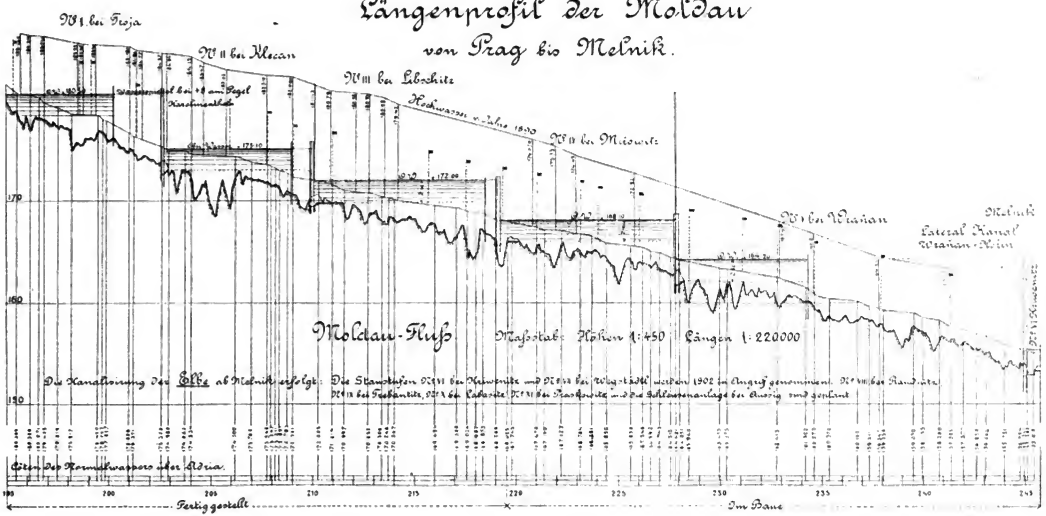


Bild 65.

Digitized by Google

grossen Hafenanlagen, Lagerhäusern und Umschlagseinrichtungen in Frankfurt ist der dortige Verkehr von 312 000 tkm im Jahre 1881 auf 54 000 000 tkm im Jahre 1896 gestiegen.

Die kanalisirte Oberspree bildet die Fortsetzung des Oder-Spree-Kanales. Unter den Werken an der Unterspree ist ausser dem bereits erwähnten Wehre bei Charlottenburg insbesondere noch der Mühlendamm zu erwähnen, dessen Wehr gleichzeitig zum Wasserschutze von Berlin errichtet wurde. Das Mühlendammwehr hat 3 Oeffnungen mit zusammen 40 m Weite, welche durch wagerecht umlegbare Schütztafeln geschlossen werden. Die Schleuse am Mühlenwehr hat 110 m nutzbare Länge, 9,60 m Weite und

Bild 66. Kanalisirte Moldau bei Libschitz.

ist, wie die Charlottenburger Schleuse, für Schiffe von 1,70 m Tiefgang bestimmt.

Die Fulda ist mit 17 m Gefälle auf 28 km Länge kanalisirt, hat eine Mindesttiefe von 1 m; deren Schleusen haben 8,60 m Weite und 63,85 m Länge.

Die Schleusen der kanalisirten Ems sind für Schleppzüge mit 10 m Weite und 165 m Kammerlänge gebaut.

Ausser diesen Flusskanalisirungen sind in Deutschland noch im Zuge die Kanalisirungen der Weser, der Emscher, der Lippe und der Ruhr.

Kanalisirung der Moldau-Elbe. In Oesterreich wird derzeit die Kanalisirung der Moldau von Prag bis Melnik und im Anschlusse an diese die Elbekanalisirung bis Aussig durchgeführt, um den Elbeverkehr Hamburg-Aussig*) an Prag und mittels einer weiteren Kanalisirung der Moldau, sowie der

*) Der Binnenhafen Aussig hat einen bei weitem grösseren Verkehr als der Seehafen Triest. Durchschnittlich verladen in demselben jährlich 6000 Schiffe 2 Millionen Tonnen.

Digitized by Google

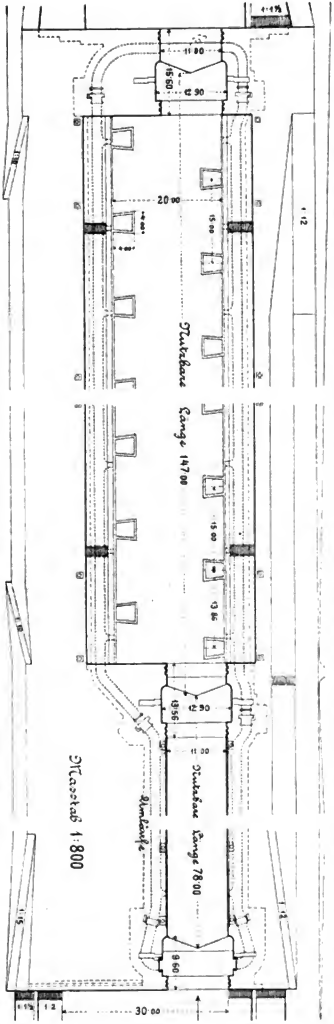


Bild 67. Grundriss der Schleppzug- und Kammerschleuse der Moldaustufe No. III bei Libschitz.

geplanten Kanalanlagen bis Linz oder bis Wien dem Donauverkehre anzugliedern.

Das Längenprofil der bereits zum grossen Theile von Mrasick durchgeführten Kanalisirung der Moldau von Prag bis Melnik ist im Bilde 65 dargestellt. In der Moldau werden fünf Staustufen, bei Troja, Klečan, Libschitz, Mirowitz und Wranan ausgeführt. Von diesen sind jene bei Troja, Klečan und Libschitz fertiggestellt, während der Bau der Staustufen bei Mirowitz und Wranan der Vollendung naht. Jede dieser Staustufen besteht aus einem beweglichen Wehr mit niederlegbaren eisernen Wehrböcken, aus einer Flossschleuse zur Durchfahrt gekuppelter Flösse bis zu 11 m Breite, aus dem Fischpasse und dem zur Schiffszugsschleuse führenden Schleusenkanal. Die Flossschleuse und der Schleusenkanal sind getrennt an den entgegengesetzten Ufern angelegt, damit sich Schiff- und Flossfahrt gegenseitig nicht behindern. Das Beseitigen der Stauvorrichtung bei Hochwässern geschieht dadurch, dass die Schützen, Ständer und Nadeln von der Brücke aus hochgezogen werden.

Unterhalb Wranan ist ein Seitenkanal geplant, welcher gegenüber Melnik in die Elbe einmünden wird. Zu diesem Mittel musste gegriffen werden, weil die Moldau oberhalb ihrer Mündung in die Elbe nach jedem Hochwasser stark verschottert wird. Die Haltungen zwischen den Staustufen an der Moldau haben eine Länge zwischen 8—9 km,

Digitized by Google

der Seitenkanal von Wranan nach Hořin ist 10 km lang. Die als Schleppzugschleusen gebauten Kammern haben eine Sohlenbreite von 20 m und eine Länge von 147 m. Die anderen Schleusen haben in den Häuptern eine lichte Durchfahrtsweite von 11 m und sind 78 m lang. Die Zugsschleusen ermöglichen eine bedeutende Leistungsfähigkeit, indem selbst bei bloss 50% Ausnützung der Tragfähigkeit der Schleppe auf einmal 1600 Tonnen durchgeschleust werden können, was bei 15stündiger Tagesleistung eine Gütermenge von 16000 t für den Tag und bei der Voraussetzung von 250 ausnützbaren Schiffahrtstagen eine Jahresleistung von rund 4 Millionen Tonnen geben würde.

Im Bilde 66 ist die Stauanlage bei Libschitz, im Bilde 67 der Grundriss der Kammer- und Zugschleuse dieser Anlage und im Bilde 68 die Einfahrt

Bild 68. Kammerschleuse an der kanalisirten Moldau.

in eine Kammerschleuse, dargestellt. Die Kanalisirung der Moldau ist ein schwieriges Werk.

Nachdem die Elbe von Melnik abwärts nicht wie die Moldau bis Kralup ein Gebirgsfluss und ihr Gefälle kleiner als jenes der Moldau ist, wird deren Kanalisirung technisch leichter durchführbar sein. Für die Kanalisirung der österreichischen Elbe bis Praskowitz sind im Ganzen sechs Staustufen geplant. Von da abwärts bis Wanow ist die gewünschte Wassertiefe von 2,10 m durch Regulirung zu erreichen und oberhalb Aussig ist nur noch eine Umgehung der Stromschnellen von Schreckenstein mittels eines 1500 m langen Seitenkanals zwischen Wanow und dem Umschlagsplatze am linken Ufer bei Aussig nothwendig. Die Haltungen an der Elbe werden eine durchschnittliche Länge von 9 km erhalten, die Schleusenkanäle durchwegs zweischiffig angelegt werden. Die Schleppzug- und Kammerschleusen werden die gleichen Abmessungen wie jene auf der Moldau haben.

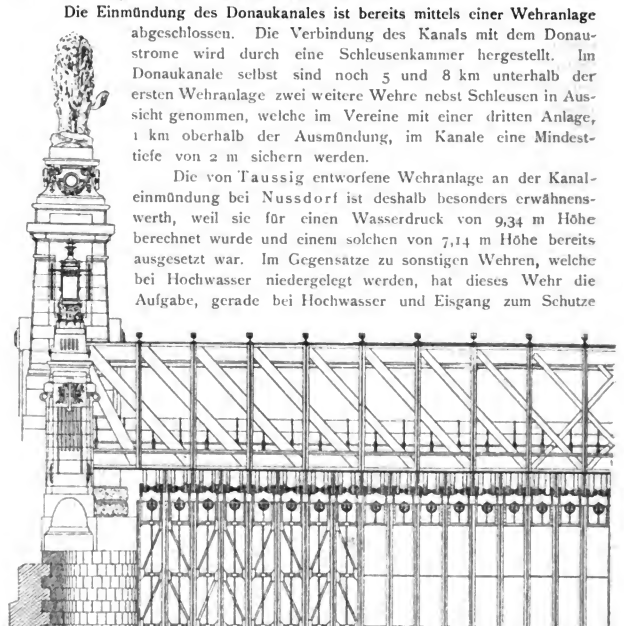
Die Moldau-Elbe-Kanalisirung strebt eine Mindestfahrtiefe von 2,10 m, daher eine Beschiffung mit Elbekähnen bis 750 Tonnen Tragfähigkeit an.

Digitized by Google

Kanalisirung des Donauarmes bei Wien. Ausser dieser Arbeit ist noch die in Ausführung begriffene Kanalisirung des als Donaukanal bezeichneten, durch Wien gehenden Donauarmes anzuführen.

Die Einmündung des Donaukanales ist bereits mittels einer Wehranlage abgeschlossen. Die Verbindung des Kanals mit dem Donaustrome wird durch eine Schleusenkammer hergestellt. Im Donaukanale selbst sind noch 5 und 8 km unterhalb der ersten Wehranlage zwei weitere Wehre nebst Schleusen in Aussicht genommen, welche im Vereine mit einer dritten Anlage, 1 km oberhalb der Ausmündung, im Kanale eine Mindesttiefe von 2 m sichern werden.

Die von Taussig entworfene Wehranlage an der Kanaleinmündung bei Nussdorf ist deshalb besonders erwähnenswerth, weil sie für einen Wasserdruck von 9,34 m Höhe berechnet wurde und einem solchen von 7,14 m Höhe bereits ausgesetzt war. Im Gegensatze zu sonstigen Wehren, welche bei Hochwasser niedergelegt werden, hat dieses Wehr die Aufgabe, gerade bei Hochwasser und Eisgang zum Schutze



Massstab 1:200.

Bild 69. Vorderansicht der linksseitigen Hälfte der Wehranlage bei Nussdorf.

von Wien in Wirksamkeit zu treten.

Die Bauanlage besteht aus einer Fachwerkbrücke, welche eine 12 cm starke Stahlachse trägt, die im Vereine mit Falzvorrichtungen in der Kanalsohle die Stützpunkte für von dieser bis zur Brücke hinaufreichende, nahezu senkrecht stehende Eisenrahmen bildet. Um diese Stahlachse werden

Digitized by Google

die einzelnen Rahmenständer von der Brücke aus aufgewunden. Je drei Ständer sind durch Querverbindungen zu einem Absperrfelde vereinigt. Die zwischen zwei Ständern verbleibende Breite von 1,03 m wird durch eiserne Schützen abgeschlossen, von denen der unterste, 3,00 m hohe Jalousieschütz in eigener Führung geht, daher für sich allein gehoben werden kann.

Die Schützen werden von der Brücke aus emporgezogen und auf dieselbe gelegt. Es können aber auch die einzelnen Absperrungsfelder bis unter die Brücke aufgedreht und in beliebiger Höhe festgehalten werden. Die Schützenanordnung gestattet an jeder Stelle der Abschlusswand Oeffnungen freizumachen, durch welche Wasser in den Kanal fliessen kann, ohne dass Eisfelder miteinrinnen.

Nachdem die Widerlager der Brücke und die Sohlenstützpunkte der Wehrständer, sowie überhaupt die ganze Sohle einem grossen Drucke und

Massstab 1 : 200.

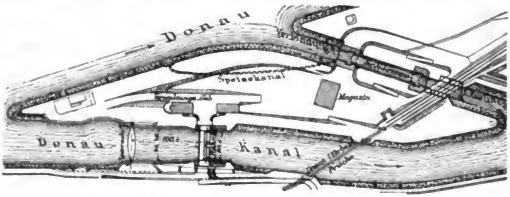
Bild 70. Schnitt durch die Wehranlage bei Nussdorf.

der Gefahr der Unterwaschung ausgesetzt sind, mussten sie und der Wehrkörper pneumatisch in Caissons fundirt werden. Die rechtsseitigen Wehrwiderlager sind bis zu einer Tiefe von 25,5 m, die linksseitigen bis 20 m fundirt.

Digitized by Google

Die Bilder 69 und 70 stellen die Vorderansicht und den Querschnitt der Absperrvorrichtung dar.

Den Lageplan der Wehranlage sammt dem schon früher bestandenen Sperrschiffe zeigt Bild 71. Die Verbindungsschleuse mit dem Donaustrome (Bild 72), hat 85 m Länge und 15 m Breite. Ober- und Unterhaupt der Schleuse



Sperrschiff. Wehranlage. Schleuse.
Masstab 1:5000.

Bild 71. Lageplan der Einmündung des Donau-Kanales bei Wien.

wurden auch in eisernen Caissons auf pneumatischem Wege in der Tiefe von 11 m unter Nullwasser fundirt. Zur Herstellung der Schleusenkammer wurde die Baugrube bis 8 m unter Null ausgebaggert und eine Betonsohle von 4 m Dicke unter Wasser eingebracht. In den beiden Schleusenseitenmauern erfolgt die Füllung und Entleerung durch Umlaufkanäle, deren Oeffnung und Schliessung Cylinderschützen bewirken. Die Thorflügel des Oberhauptes, welche einem Wasserdruck von 9,34 m Höhe Widerstand leisten müssen, reichen bis 6,30 m über den Nullwasserstand, ihre gesammte Höhe ist 10,10 m, jeder Flügel wiegt 56 t; die Unterhaupthorflügel reichen bis 4,50 m über Null.

Bild 72. Verbindungsschleuse des Donaustromes mit dem Donaukanale.

Bild 73 zeigt den Querschnitt durch das in Wirksamkeit befindliche Sperrschiff sammt Wehrnadel. Dieses von Engerth gebaute Sperrschiff besteht aus einem stark versteiften, 48,5 m langen, in der Mitte 9,5 m breiten und 5,7 m hohen eisernen Schiffsrumpfe, welcher im unteren Raume durch 4 Schottwände in 5 wasserdichte Kammern getheilt ist, die, wenn mit Wasser gefüllt, das Schiff quer über den Kanal versenken. Damit zwischen der Unterkante des Schiffes und der Kanalsohle kein Eis einrinne, sind vor dem Schiffe Nadeln angelehnt. Die Hebung des Schiffes erfolgt durch Entleerung des Wassers mittels Dampfpumpen.

Digitized by Google

Die weiteren, in Oesterreich noch in Aussicht genommenen Flusskanalisirungen siehe im VI. Theile.

Kanalisirungen in Nordamerika und Schweden. Vom Standpunkte ihrer Bauweise sind noch hervorzuheben die in Schweden durchgeführten Kanalisirungen der Seeabflüsse und die im grossartigen Massstabe angelegten Flusskanalisirungen in Nordamerika und Kanada.

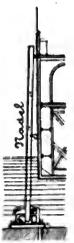


Bild 73.

Unter letzteren sind die 7 Seitenkanäle mit zusammen 27 Schleusen, welche zur Umgehung der Stromschnellen im St. Lorenzstrome nothwendig waren, die bedeutendsten Werke. Der Seitenkanal von Sault-Sainte-Marie hat 6,10 m Tiefe, 90 m Spiegelbreite und eine 270 m lange, 20 m breite und 6,20 m tiefe Schleuse, deren Oberhaupt mittels 2 und deren Unterhaupt mittels 3 Thorpaaren, je nach der Länge des durchzuschleusenden Anhanges, abgeschlossen wird. Die Schleuse wird mit 6 Umläufen in 10 Minuten gefüllt. Endlich ist der Wellandkanal mit 25 Schleusen von je 4,27 m Tiefe zur Umgehung des Niagarafalles zu erwähnen. Auf demselben verkehren 1500 Tonnenschiffe.

Vor- und Nachtheile einer Flusskanalisirung. Die Kanalisirung eines Flusses hat vor allem den Vortheil, dass die durch sie geplante Fahrtiefe auch bei niederstem Wasserstande gesichert ist, weil man diese nahezu unabhängig von der jeweiligen Wassermenge des Flusses durch die Stauwirkung der Wehre schaffen kann, während bei der Regulirung des Flusses die Wassermenge bei ungünstigen Niederschlagsverhältnissen zumeist nicht ausreicht, um die im Bauentwurfe in Aussicht gestellten Fahrtiefen zu sichern.

Ferner wird die Fahrstrasse in den Haltungen durch Geschiebeablagerungen nicht so gestört, wie dieses in den meisten Fällen bei den regulirten Flüssen geschieht, wodurch eine Stetigkeit und Sicherheit im Schiffahrtsbetrieb eines kanalisirten Flusses eintritt. Die in der obersten Strecke der Haltung, insbesondere an der Ausmündung eines Seitenkanales zeitweilig auftretenden Verschlemmungen lassen sich durch rechtzeitige Baggerung immer leicht entfernen.

Von weiterem Vortheile ist bei Flussstrecken mit grösserem Gefälle, dass durch die Kanalisirung die den Schiffahrtsbetrieb unwirthschaftlich gestaltenden grossen Stromgeschwindigkeiten sehr gemildert werden, wodurch der Schleppzug zu Berg lohnend wird.

Die Thalfahrt mit Schleppzügen im freien Flusse mit grosser Strömung bildet bei Niederwasser eine der schwierigsten Aufgaben der Flussschiffahrt und muss stets mit grosser Sorgfalt und Geschicklichkeit ausgeführt werden. In der sehr geringen Strömung einer kanalisirten Strecke ist die Thalfahrt gegenüber der Thalgeschwindigkeit im freifliessenden Strome wohl wesentlich langsamer, dagegen aber sicher und leicht durchführbar.

Der Schiffahrtsbetrieb im kanalisirten Flusse ist demnach stetiger, sicherer und leichter als in regulirten Flussstrecken mit grosser Strömung.

Dagegen haben alle Kanalisirungen, abgesehen von ihren grossen Kosten, welche sich noch dadurch erhöhen, dass die im Stau liegenden Ufergrund-

Digitized by Google

stücke entsprechend geschützt werden und Entwässerungsanlagen erhalten müssen, vom Standpunkte der Schiffahrt den Nachtheil, dass durch die Schleusung bei jeder Staustufe ein Zeitverlust entsteht. Diesem Uebelstande kann durch Schaffung von langen Schleppzugschleusen, welche einen ganzen Dampferanhang auf einmal aufnehmen können, theilweise abgeholfen werden. Die Füllung einer solchen Schleuse dauert aber wieder viel länger als die einer gewöhnlichen, ferner muss sie im gegebenen Falle auch nur für ein Fahrzeug in Anspruch genommen werden, was in Bezug auf den Wasserverbrauch nicht wirthschaftlich ist.

Ferner unterwirft sich die Schiffahrt sehr ungerne den Abgaben, die vom Staate zur Deckung der Unterhaltungskosten der Bauwerke und der Auslagen für Schleusungen eingehoben werden und kommen endlich die Vortheile einer Kanalisirung der Schiffahrt erst nach Vollendung sämmtlicher Kunstanlagen zugute, während eine Flussregulirung eine Verbesserung der Fahrstrasse nach Massgabe der aufgewendeten Mittel, allmählig und ohne die Schiffahrt wesentlich zu stören herbeiführt.

Zur Kanalisirung geeignete Flussstrecken. Es wäre daher für einen wirthschaftlichen Schiffahrtsbetrieb wünschenswerth, in grossem Gefälle gelegene Flussstrecken, also den oberen Flusslauf zu kanalisiren und nur jene Strecken zu reguliren, auf welchen eine mässigere Stromgeschwindigkeit vorhanden ist. Einen Fluss mit geringeren Abmessungen wird man demnach in seinem ganzen Laufe dadurch schiffbar machen können, dass man etwa neben seinem Oberlaufe einen Seitenkanal anlegt, seinen Mittellauf, wenn es dessen Bodengestaltung zulässt, kanalisirt und seinen Unterlauf regulirt.

Natürlich werden Kanalisirungen nur bei Flüssen mit mittleren Breiten und geringen Wassermengen angewendet, während eine solche beispielsweise für die obere Donau, schon in Rücksicht der ausserordentlichen Kosten, nicht in Betracht gezogen werden könnte, obwohl die Regulirung dieser Donaustrecke bisher auch schon über 130 Millionen Kronen gekostet hat, die Betriebskosten auf derselben sehr hohe, mit jenen der Gebirgsbahnen vergleichbar sind, der Schiffahrtsbetrieb schwierig und die Fahrtiefen vom Standpunkte der Grossschiffahrt bei Niederwasser unzureichend sind. Von den Donaustrecken wurden nur die Stromschnellen am Eisernen Thor mittels eines Seitenkanales umgangen. Leider wurde dieser als offenes Gerinne und nicht als Schleusenanlage hergestellt, wodurch an der Einmündung des Kanales ein Gefälle mit einer Stromgeschwindigkeit von über 5 m in der Sekunde geschaffen wurde.

Durch Kanalisirung zu gewinnende Wasserkräfte. Nachdem die Wehranlagen den Wasserspiegel eines Flusses an bestimmten Theilen aufstauen und hierdurch das Gefälle an den einzelnen Stellen der Wehre zusammenfassen, so können an diesen Wasserkräfte entnommen oder das Wassergefälle zur Bewässerung und Entwässerung verwendet werden. Die Verwendung dieser grossen Staugefälle zu Einrichtungen von Bewässerungsanlagen für die Landeskultur und zur Krafterzeugung für die Industrie

Digitized by Google

sowie für den landwirthschaftlichen Maschinenbetrieb ist in die Augen fallend.*) Die Industrie würde dadurch zu höchster Blüthe gelangen, weil sie die zwei wichtigsten Vorbedingungen zu ihrem Gedeihen, die billige Wasserfracht und die billige Betriebskraft auf einmal zur Verfügung hätte. Allerdings sind derartige Bauanlagen sehr schwierige technische Ausführungen, insbesondere mit Rücksicht auf den Einfluss der Hochwässer auf solche Werke, welcher übrigens durch Anlage von grossen Werkkanälen theilweise gemindert werden kann.

In Bezug auf Gewinnung dieser Wasserkräfte ist der Vorschlag von Prüssmann beachtenswerth, die Turbinen in einen Pfeiler einzubauen, welcher mitten im Strome liegt. Durch eine solche Anlage werden vor allem die schwierig herzustellenden und kostspieligen Zuleitungskanäle erspart. An den Ufern fehlt es auch zumeist an Raum für die Anlage von Leitungskanälen, ferner sind die Ufer selten hochwasserfrei. Auch ist es bei einem breiten Strome schwer möglich, die Wasserkraft in einem schmalen seitlichen Kanal vollständig auszunutzen. Prüssmann bricht deshalb das Wehr (Bild 74) und legt die Turbinen in einen langgestreckten Mittelpfeiler, welcher gleichzeitig zur Wasserentlastung der Nadelwehre dient. Diese Anordnung ist auch deshalb günstig, weil die Zahl der Turbinen je nach der vorhandenen Wassermenge beliebig gross gewählt und der Turbinenpfeiler günstig in die Richtung der grössten Strömung gelegt werden kann. Diese Bauanlage ist jedoch nur dort möglich, wo man sich schon bei Herstellung der Kanalisirung für die Ausnutzung der Wasserkraft entscheidet und die Mehrkosten des Turbinenpfeilers von vornherein aufwendet.

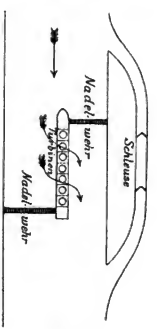


Bild 74.

Durch entsprechende Ausnutzung der Wasserkräfte in kanalisirten Gerinnen wird es dereinst auch möglich werden, den Schiffahrtsbetrieb mit von den Staustufen gewonnener elektrischer Kraft zu betreiben. Die Verwendung der Wasserkraft zum Schiffahrtsbetriebe ist deshalb durchführbar, weil die Schiffahrt während des Hochwassers und im Winter, wenn die Wehre wegen Eisgang niedergelegt sind, ohnedies ruht und dann keiner Kraft bedarf.

Mit fortschreitender Erkenntnis und in Folge der stetigen Zunahme des Wettbewerbes im Schiffahrtsverkehre, sowie der immer schwieriger werdenden Kohlenbeschaffung wird daher mit der Zeit auch die Auffassung platzgreifen, dass starke Stromgefälle keinen Nachtheil, sondern eine Wohlthat für den Flussschiffahrtsbetrieb bedeuten.

Bauliche Anordnung der Kanalisirungen. Seitenkanäle. Die technischen Einzelheiten einer Flusskanalisirung fallen ausserhalb des Rahmens dieser Ver-

*) Am Seinewehr zu Bougival werden beispielsweise 750 Pferdekräfte für die Wasserversorgung von Versailles gewonnen.

Digitized by Google

öffentlichung. Es soll nur im Allgemeinen bemerkt werden, dass, nachdem bei der Kanalisirung die geforderte Fahrtiefe durch Hebung des Wasserspiegels mittels Stauwerken geschaffen wird, sich hierzu am besten Flüsse mit hohen Ufern eignen. Die örtliche Lage der Stauwerke und die Höhe des Aufstaues der einzelnen Haltungen soll so gewählt werden, dass an den Wasserstandsverhältnissen nur das unumgänglich Nöthige geändert und die Anrainer durch Grundwasser nicht geschädigt werden. Aus diesen Rücksichten im Vereine mit dem gegebenen Flussgefälle und aus der geforderten Fahrtiefe ergiebt sich dann die jeweilige Entfernung zweier Bauwerke oder die Länge der einzelnen Haltungen. Nachdem das zum grossen Theile in Aufschwemmungsschichten liegende Flussthal durchlässigen Boden hat, so erzeugt die Anlage von Staustrecken in der ganzen Thalausdehnung ein Ansteigen des Grundwassers. Zuweilen ist dieses für die Landwirthschaft von Vortheil. So ist in der Nähe von St. Omer in Frankreich auf mehreren Tausend Hektaren eine grossartige Garten- und Gemüsekultur dadurch entstanden, dass das aufgestaute Wasser bis auf wenige Dezimeter unterhalb des Ackerbodens steht. Häufiger ist aber das Ansteigen des Grundwassers schädlich und erzeugt Versumpfungen, auf welchen Umstand der mit dem Bauentwurfe einer Kanalisirung betraute Ingenieur umsomehr achten muss, da hierdurch die verwickeltsten Entschädigungsansprüche von Seite der Grundbesitzer entstehen. Hohe Staustufen soll man daher nur in zweifellos hierfür geeignetem Gelände, sonst aber im allgemeinen den Wasserspiegel nicht zu hoch legen. Letzteres hat übrigens den Vortheil, dass man bei kleineren Anschwellungen, welche ja nur eine vorübergehende niedere Ueberschwemmung herbeiführen, die Wehre nicht immer niederzulegen braucht, wodurch auch der Schiffahrtsbetrieb weniger gestört wird.

Die Anforderungen der Schiffahrt müssen daher mit den in Frage kommenden Interessen in Einklang gebracht und begründeten Beschwerden der Anrainer gegebenen Falles durch Schaffung von Pumpwerken oder Seitenkanälen, welche zu tief gelegene Ufertheile entwässern, Rechnung getragen werden.

In Folge aller dieser Einflüsse hat jede Flusskanalisirung ihr eigenartiges Gepräge. Während beispielsweise die Stauhöhen der Flüsse in Hollands Tiefebenen nur wenige Dezimeter betragen, bestehen auf der Seine solche von über 5 m Höhe. Je weiter aufwärts ein Fluss kanalisirt wird, um so mehr Stauwerke sind durch das zunehmende Gefälle erforderlich und um so kürzer werden die Haltungen. Hierdurch erreichen dann die Baukosten schliesslich eine solche Grösse, dass unter Umständen die Ausgestaltung eines Oberlaufes zu einer Schiffahrtsstrasse wirthschaftlich nicht mehr gerechtfertigt erscheint.

Bezüglich der Anordnung einer Kanalisirung unterscheidet man, ob der ganze Flusslauf als solcher kanalisirt wird, oder ob dieser zwar in seiner Gänze mit Wehren ausgestattet, aber nur auf gewissen Strecken als Fahrstrasse benutzt wird, während besonders ungünstige Krümmungen oder Stromschnellen, deren Beseitigung zu schwierig wäre, durch künstlich geschaffene Seitenkanäle, in welche dann der Fahrweg geleitet wird, umgangen werden. Es werden demnach kanalisirte Flussstrecken mit Seitenkanälen und regulirten Abschnitten zweckdienlich vereinigt. In dieser Weise wurden beispielsweise in der 58 km langen Moselstrecke zwischen Frouard und Metz 48 km als Seitenkanäle hergestellt. Im neuen Grossschiffahrtsweg

Digitized by Google

bei Breslau geht die grosse Schiffahrt durch einen kanalisirten Oderarm, während im alten Strombette sich der frühere örtliche Verkehr weiter abwickelt.

Was die Anlage der Schleusen und Wehre betrifft, ist zu bemerken, dass erstere immer, beide zusammen aber vortheilhaft neben dem Flusse im Trockenen ausgeführt und mittels Durchstiches dann mit dem Flusse verbunden werden. Die Lage des Wehres in einem Durchstich ist in diesem Falle auch in Bezug auf die Abführung des Hochwassers, Eises und der Geschiebe günstig. Liegen Schleuse und Wehr im Flussbette, so sind sie nur durch die eine Seiteneinfassung der Kammer und deren Verlängerungen stromauf- und stromabwärts getrennt. Die Schleuse ist allseitig ummauert, während die sich anschliessenden Verlängerungen der flussseitigen Kammerumfassung die Bauart von Parallelwerken zeigen. Die Länge der Durchstiche oder der die Schleuse vom Wehre abtrennenden Parallelwerke ist so zu wählen, dass die Ein- und Ausfahrt in die Kammer möglichst

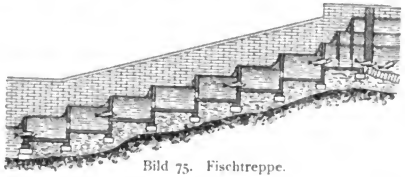


Bild 75. Fischtreppe.

entfernt vom Wehre liegt, damit die Schiffe von der durch das Wehr erzeugten Wasserbewegung nicht beeinträchtigt werden.

Schon bei Anlage aller dieser Bauten soll womöglich darauf Rücksicht genommen werden, späterhin, bei sich steigerndem Verkehr noch ein weiteres Schleusenhaupt anschliessen und die Kammern, wie beim Maine, zur Aufnahme von ganzen Schleppzügen zweckentsprechend umbauen zu können.

Fischpass. Zur vollständigen Ausstattung einer Stauanlage gehören endlich noch die Einrichtungen, die den Wanderfischen den Weg vom Unter- in das Oberwasser und umgekehrt ermöglichen. Eine Anzahl von Fischarten, wie Lachse und Forellen, wandern nämlich in den Sommer- und Herbstmonaten vom Meere aus in die Gebirgsbäche, um dort ihren Laich abzusetzen. Andere, wie die Aale, ziehen in umgekehrter Richtung. Da nun jedes einigermassen hohe Stauwerk die Wanderung unterbricht, so muss man einen Weg für die Fische darin offen halten. Dieses geschieht durch Anlage von neben den Wehren gehenden Fischpässen oder Fischtreppen. Die einfacheren Pässe, vom Unter- zum Oberwasser aufsteigende schmale Rinnen, werden von den Fischen lieber benutzt, als die oft verwickelt gebauten Treppen, verbrauchen aber mehr Wasser. Bei Nadelwehren kann den Fischen vortheilhaft ein Weg durch Herausnahme einiger Nadeln geöffnet werden. Im Bilde 75 ist ein Fischdurchgang, die Cail'sche Treppe, im Längenschnitt dargestellt.

Digitized by Google

5. Abschnitt.

Schiffahrtskanäle.

Allgemeine Anordnung der Kanäle. Die eigentlichen Kunststrassen der Schiffahrt sind die Kanäle. Während man durch die Regulirung des freifliessenden Stromes oder durch die Kanalisirung eines Flusses doch nur eine der Verfassung des Wasserlaufes entsprechende Fahrstrasse herzustellen im Stande ist, kann man durch den Bau von Kanälen eine Kunststrasse schaffen, deren Abmessungen, die heutigen technischen Fortschritte im Kanalbau vor Augen haltend, eigentlich nur durch die hierfür zur Verfügung stehenden Geldmittel bedingt sind.

Die Schiffahrt auf Kanälen stellt somit den richtigen Grossschiffahrtsbetrieb dar. Dieser Betrieb ist ein gleichmässiger, kann, die Eissperre ausgenommen, ununterbrochen und bei Tag und bei Nacht abgewickelt werden und hat mit keinen Fährlichkeiten zu rechnen. Der Schleppzug in dem stromlosen, nahezu unveränderlich tiefen Kanalwasser kann mit immer gleichen Tauchtiefen, ohne Unterscheidung einer Thal- oder Bergfahrzeit in beiden Richtungen mit voller Ausnutzung des vorhandenen Laderaumes, sowie mit wirthschaftlichen Zugskosten ausgeübt werden.

Die ältesten Schiffahrtskanäle zweigten entweder von einem Flusse ab, oder sie verbanden zwei Wasserläufe von gleicher Höhenlage mit einander. Die älteste historische Nachricht über eine künstliche Wasserstrasse giebt Herodot, welcher den schon von Sesostris (1396—1328 v. Chr.) geplanten und von Darius Hystaspes vollendeten Kanal zwischen dem Nile und dem Rothen Meere aus eigener Anschauung beschrieb. Unter Nebukadnezar wurden zur Belebung des Handels in Mesopotamien, zwischen dem Euphrat und Tigris Querkanäle geschaffen, unter welchen der bedeutendste, der Königsfluss, von grossen Schiffen befahren wurde. In China wurden unter den Mongolenherrschern grosse schiffbare Kunststrassen geschaffen, unter welchen der vom Golfe von Petschili bis zum Gebirgssee Sihu reichende Grosse Kaiserkanal eine Ausdehnung hatte, welche einer Durchquerung Europas von der Ostsee bis zum Adriatischen Meere entspricht. Die grossen Bewässerungsanlagen Indiens, der berühmte, 1350 gebaute Feroze Kanal, die Kanalanlagen der alten von den Spaniern zerstörten Königsstädte Mexiko und Cusco, und endlich die von den Römern in der Campagna angelegten Bewässerungskanäle, auf welchen zahlreiche kleine Boote den Verkehr ver-

Digitized by Google

mittelten, geben Zeugnis, dass die Kultur der Menschheit schon seit den ältesten Zeiten im innigen Zusammenhange mit den Kunststrassen der Schiffahrt steht.

Die beim Kanalbau in Frage kommenden hauptsächlichsten technischen Grundlagen wurden im Abschnitte 4 beschrieben. Im Bilde 76 ist die allgemeine Anordnung eines Schiffahrtskanales ersichtlich. Die auf der Wasserscheide höchstgelegene Haltung, die Scheitelhaltung, wird durch a dargestellt, b sind die von einem Flussthale aufsteigenden und zum anderen absteigenden Kanalhaltungen und s_1 bis s_{20} die die einzelnen Haltungen verbindenden Kammerschleusen. Die strichpunktirte Linie I bis IV soll schematisch die Trace für geneigte Hebewerke, die Linie A und B eine Schiffseisenbahn (Trockenförderung) und H ein senkrechtes Hebewerk darstellen.

Die Anordnung der Kanalschleusen und Haltungen ist fast die gleiche wie bei der Flusskanalisirung. Der Unterschied besteht nur darin, dass die Flusshaltungen durch Wehranlagen und Schleusen erzeugt werden und eine

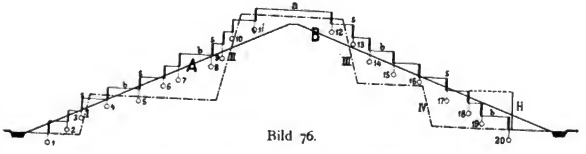


Bild 76.

geringe Strömung haben, während der Aufstau des Wassers in den Kanalhaltungen nur durch Schleusen geschaffen wird und in den einzelnen Haltungen nahezu stromloses Wasser ist.

In welcher Weise mittels Schleusen eine hochgelegene Kanalhaltung erstiegen wird, ist durch die im Bilde 77 gezeichnete Schleusentreppe veranschaulicht.

Schleppzugschleuse. Die Hauptabmessungen einer Kammerschleuse sind dem Bilde 50 zu entnehmen. Wird eine solche Kammerschleuse entsprechend lang gebaut, so dass in ihr ein ganzer Schleppzug auf einmal Platz findet, so entsteht die Schleppzugschleuse. Diese grossen Schleusen werden nur auf solchen Kanalstrecken gebaut, auf denen ein besonders starker Verkehr vorhanden ist, wie beispielsweise am Main, zwischen Frankfurt und Mainz, dessen Schleusen 10,50 m lichte Weite und mit dem dritten Schleusenhaupte 350 m Länge haben. Die Schleuse der Maas, zwischen Namur und der französischen Grenze, hat 12 m lichte Weite und 120 m nutzbare Länge. In der Strecke von Dortmund nach den Emshäfen liegen Zugschleusen von 10 m lichter Weite und 165 m Länge; jene der kanalisirten Moldau (siehe Bild 67) haben 147 m Länge.

Ausser dieser Schleusenanlage kommen im Kanalbau hauptsächlich noch folgende zur Ausführung:

Digitized by Google

Zwillingsschleuse, Parallelschleuse, Kuppelschleuse. Die in Bild 78 gezeichnete Zwillingsschleuse A, welche bei kräftig wirkenden Vorrichtungen zum Füllen und Entleeren der Kammern eine raschere Schleusung von zwei Fahrzeugen ermöglicht. Bei dieser Anordnung fährt das von zwei Schiffen zuerst eingelaufene auch wieder zuerst aus.

Ist eine Zwillingsschleuse durch eine Mittelmauer a b getrennt, so entsteht die noch zweckmässigere Parallelschleuse. Solche getrennte Schleusen können nach Bedarf auch mit verschiedenen Abmessungen, eine als Einzelschleuse, die nebenliegende als Schleppzugschleuse hergestellt werden.

Geringere Baukosten benöthigt die Kuppelschleuse B, bei welcher zwei, oft auch drei Schleusen, derart unmittelbar nacheinander gekuppelt

Bild 77. Schleusentreppe des Bandak-Kanales in Norwegen.

werden, dass das Unterhaupt der höherliegenden gleichzeitig das Oberhaupt der tieferliegenden bildet.

Sparschleuse. Nachdem bei Anlage eines Schleusenkanals die Wasserversorgung an der Wasserscheide eine Hauptfrage, die genügende Niederschlagsmenge im Kanalgebiete oft überhaupt nicht vorhanden ist, so trachtet man Schleusen mit möglichst geringem Wasserverbrauch zu schaffen.

Eine diese Aufgabe zum Theil lösende Schleusenanlage bildet die Sparschleuse C oder die Schleuse mit Sparbecken. Durch die den Schleusenseiten angebauten Sparbecken wird der Wasserverbrauch für eine Schleusenfüllung auf über 40 pCt. vermindert. Bei der Sparschleuse wird nach Durchschleusung des Schiffes aus einer Schleuse beiläufig die Hälfte des Wassers der dieser angebauten Schleuse zugeleitet. Die zwei Seitenbecken der Sparschleuse des Dortmund-Ems-Kanals ersparen nahezu 50 pCt. Wasser.

Verbundschleusen. Eine besondere Art bilden die Verbundschleusen D, bei welchen zwischen je zwei gewöhnlichen Schleusen eine kurze Zwischen-

Digitized by Google

haltung eingeschaltet ist, deren Wasserspiegel dadurch unverändert gehalten wird, dass das der oberen Schleuse bei der Entleerung entnommene Wasser durch einen Umlaufkanal wieder der unteren Schleuse zugeführt wird. Man kann in dieser Weise durch einige Zwischenhaltungen auf verhältnismässig kurzer Kanalstrecke ein grosses Gesammtgefälle überwinden, ohne den einzelnen Schleusen ein sehr hohes Einzelgefälle geben zu müssen. Die Zwischenhaltungen erleichtern es, das Aufsteigen eines Schiffes mit dem Absteigen eines anderen zu verbinden, was jedoch nur bei lebhaftem Verkehr ausführbar ist. Die Versuche, bei dieser Anordnung die nicht unerhebliche Kraft, welche sich durch das Gefälle des Schleusungswassers ergiebt,

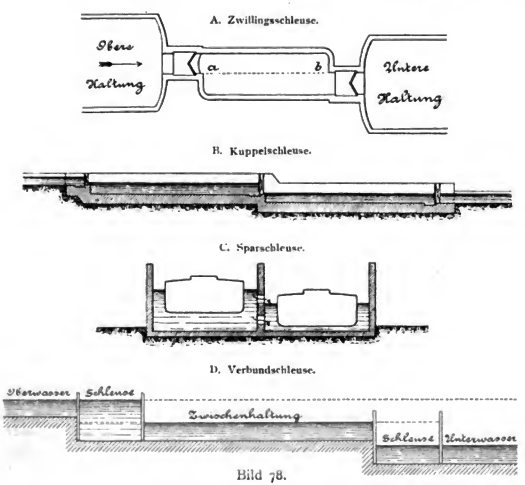


Bild 78.

auszunutzen, sind bisher nicht gelungen. Insbesondere beschäftigt man sich damit, mittels Turbinenantriebes die Hebung des Speisewassers von Haltung zu Haltung zu bewerkstelligen.

Wasserverbrauch. Die Wasserbeschaffung bildet beim Kanalbau die schwierigste Frage, weshalb dieser auf das unumgänglich Nothwendige beschränkt werden muss. Der Wasserverbrauch setzt sich zusammen aus der beim Schleusen der Schiffe verbrauchten Wassermenge, dem Betriebswasser, und aus den Verlusten in Folge der Undichte der Kanalhaltungen und der Verdunstung des Wassers. Ersterer hängt von der Bauanlage der Schleusen und von dem abzuwickelnden Schiffsverkehre ab, die übrigen Wasserverluste sind von der Länge des Kanales, den ver-

Digitized by Google

schiedenen örtlichen Bodengestaltungen, von den Dichtungen der Haltungen und der Einwirkung der Witterungsverhältnisse abhängig.

Bei einem über eine Wasserscheide führenden Kanal ist der Verbrauch an Betriebswasser für ein dieselbe in einer Richtung überfahrendes Schiff doppelt so gross, denn jedes Schiff braucht beim Auf- und Abstieg je eine Schleusenfüllung. Bei der Wasserbeschaffung für die Scheitelstrecke, aus welcher das Betriebswasser entnommen werden muss, ist daher für jedes diese Strecke in einer Richtung durchfahrende Schiff die doppelte Schleusenfüllung zu rechnen.

Der Verbrauch an Betriebswasser wächst im Verhältnis zum Schleusengefälle. Man würde demgemäss durch Anlegung von Schleusen mit geringem Gefälle den Wasserverbrauch für das Durchschleusen der Schiffe auf jedes beliebige Mass einschränken können. Die dadurch entstehenden Schiffsaufenthalte sind jedoch so gross, dass man selbst bei wasserarmen Kanälen das Schleusengefälle immer mehr erhöht. Bei Kanälen im Gebirgsgelände ist man aber schon durch die Bodenverhältnisse zur Annahme grosser Staustufen gezwungen, und muss deshalb trachten, auch bei hohen Staustufen mit wenig Schleusungswasser auszukommen. Dieses wird durch die Sparbecken, ferner durch besondere Einrichtungen zum Füllen der Kammern und zum Abdichten ihrer Thore zu erreichen versucht. Die Wasserverluste durch Thorundichte werden durch sorgfältigste Bauausführung und sinnreiche Bewegungsvorrichtungen vermieden.

Die Wasserverluste durch Versickerung und Verdunstung werden mit 0,40 bis 0,80 cbm täglich auf einen Meter Kanallänge berechnet. Bei sehr guten künstlichen Dichtungen durch Beton und bei undurchlässigem Boden können sie jedoch bis auf 0,20 cbm vermindert werden.

Auf den französischen Kanälen mit den neueren Normalabmessungen berechnet man den mittleren Wasserverlust durch Verdunstung auf je 100 km Kanalhaltung mit 4 cbm in der Sekunde. Genaue Beobachtungen bezüglich Verdunstung der Wasseroberfläche wurden am Bourgogne-Kanal von 1839 bis 1852 gemacht und hierbei nachgewiesen, dass von den mittleren Regenmengen in Dijon, Pouilly und St. Jean 76,57 pCt. verdunsten. In Deutschland berechnet man die Verdunstung im Mittel mit 4 mm Höhe während 24 Stunden. In den trockenen Sommermonaten ist natürlich der Verlust in Folge Verdunstung wesentlich höher als während der kälteren Niederschlagszeiten.

Mittel zur Verringerung des Wasserverbrauches. Der Wasserverbrauch durch Verdunstung ist unvermeidlich. Mehr oder minder eingeschränkt kann dagegen der Wasserverbrauch bei den Schleusungen und die Verluste durch Versickerung, Undichte der Schleusenverschlüsse, der Auslässe u. dergl., werden. Bei der Anlage von Kanälen und den zugehörigen Bauwerken ist deshalb dahin zu wirken, durch technische Mittel diese Wasserverluste nach Möglichkeit zu verringern. Aus diesem Grunde wurden die eingangs angeführten Schleusenanlagen gebaut. Es wurden zwei Kammerschleusen nebeneinander gelegt, die eine für grössere, die parallelliegende für kleinere Schiffe, oder es wurden beide Kammern hintereinander angeordnet und durch ein Mittelthor getrennt, so dass bei der Durchfahrt nur eines Schiffes auch nur

Digitized by Google

die eine, der Grösse des Fahrzeuges entsprechende Kammer, gefüllt zu werden braucht. Um die gleichzeitige Durchschleusung mehrerer Schiffe zu ermöglichen, entstanden die Schleppzugschleusen zwischen Frankfurt und Mainz, aus gleicher Ursache die Doppelschleuse am Erie-Kanale, welche die gleichzeitige Aufnahme zweier Schiffe nebeneinander zulässt, ferner die Kesselschleuse, welche an der Stecknitz ausgeführt ist, und endlich die Bassinschleuse, welche zugleich die Drehung des Schiffes zur Ueberführung in einen abzweigenden Kanal gestattet. Die grösste Ersparnis an Betriebswasser ergeben jedoch die im Bilde 78 angeführten Sparschleusen, allerdings auf Kosten des Schiffahrtsbetriebes, dessen Aufent-

Bild 79. Schleuse mit Hebersystem.

halte durch die längere Dauer der Füllung und der Handhabung der Schleuse vergrössert werden.

Kammerschleuse mit Hebersystem. Aus letzterem Grunde hat auch die Caligny-Schleuse, welche an der Schleuse zu Aubois in einem Seitenarm

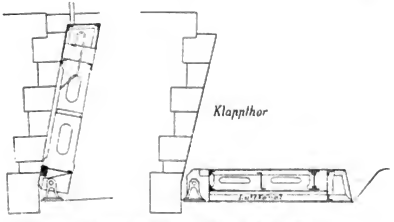


Bild 80. Schleusenthor am Elbe-Trave-Kanal.

der Loire angewendet wurde, und welche, indem sie die lebendige Kraft des Wassers zur Rückleitung des Kammerwassers in das Oberwasser benutzt, eine Wassererspamis von 80 pCt. erzielt, keine weitere Verwendung gefunden. Der Betrieb dieser Schleuse ist folgender: Soll sie entleert werden, so lässt man das Kammerwasser mittels eines Kanales in ein Seitenbassin strömen. Nach einigen Sekunden, wenn die Geschwindigkeit des abfliessenden Wassers gross genug ist, schliesst man den Seitenkanal rasch ab und das Kammerwasser tritt, in Folge der lebendigen Kraft, durch Rückschlagventile in das Oberwasser. Dieses Spiel wird mehrere Male wiederholt und derart fast die ganze Druckhöhe des Kammerwassers nutzbar gemacht. Beim Füllen der Kammer wird in ähnlicher Weise durch die Druckhöhe des Oberwassers sowie des Wassers im Seitenbassin eine Saugwirkung erzielt, zu Folge deren das Unterwasser in die Kammer tritt.

Digitized by Google

Um die Wasserverluste, welche bisher bei den verschieden gebauten Einlass- und Auslassschützen auftraten, zu vermeiden, hat Hotopp beim Elbe-Trave-Kanal ein Hebersystem ausgeführt, bei welchem, ohne Verwendung von Schützen, das Wasser durch einen Saugkessel, der nach Bedarf mit dem Ober- oder Unterwasser in Verbindung gebracht wird, gezwungen ist, über die Heber zu fliessen und die Kammer zu füllen oder zu entleeren. Mit diesem bei der Krummesser-Schleuse eingeführten System (Bild 79) kann die Kammer innerhalb 8 Minuten mit 3850 cbm Wasser gefüllt oder entleert werden. Bei derselben geschieht auch das Oeffnen und Schliessen der Thore in raschester Weise mittels Druckluft und Wasserdruck, indem diese in der im Bilde 80 dargestellten Weise umgeklappt und aufgehoben werden.

Wassersersparnis durch Regelung des Betriebes. Doch auch der Kanalbetrieb und Verkehr kann, wenn er entsprechend geregelt und strenge gehandhabt wird, zu einem wirthschaftlicheren Wasserverbrauch führen. Die Wasserverluste durch Undichte der Haltungen und Bauwerke sind unabhängig vom Verkehr, es kommt hier nur der mit dem Verkehr wachsende Verbrauch an Betriebswasser für die Schleusungen in Betracht.

Durch die bei Schleusentreppen mit geringerem Gefälle vorkommenden kurzen Haltungen entsteht oft dadurch ein unnützer Wasserverbrauch, dass man das durch einige Kammerfüllungen verbrauchte, der Haltung entnommene Wasser in dieser erneuern muss, ohne zu gleicher Zeit, weil ein in entgegengesetzter Richtung fahrendes Schiff nicht in der Haltung liegt, das Wasser für eine Schiffschleusung nutzbar machen zu können. Man sollte deshalb auf jedem Kanal, soweit dies nur thunlich ist, den Betrieb derart regeln, dass an den einzelnen Schleusen immer Schiffskreuzungen stattfinden, wodurch nicht nutzbringende Schleusenfüllungen entfallen würden. Allerdings ist eine genaue Regelung des Betriebes auf Kanälen schon deshalb schwer durchführbar, weil sich der Kanalverkehr zumeist sehr ungleichmässig abwickelt und sich deshalb auf gewisse im vorhinein bestimmte Zeiträume nicht recht vertheilen lässt.

Ersatz des Wasserverbrauches. Die Verluste an Kanalwasser durch Versickerung und Verdunstung sind viel leichter zu ersetzen, als der Verbrauch an Schleusenbetriebswasser, weil erstere an allen Punkten der Haltungen ersetzt werden können, dagegen das Betriebswasser in seiner Gänze an einem bestimmten Punkte der Scheitelhaltung zugeführt werden muss. Während man daher das verdunstete und versickerte Wasser durch entsprechende Vertheilung und Zuleitung der Wassermengen der einzelnen Fluss- und Bachgebiete unschwer beschaffen kann, muss das Betriebswasser in einem einheitlichen Zuflusse, aus am Scheitel angelegten grossen und kostspieligen Sammelbecken zugeleitet werden, was um so schwieriger ist, weil in der Wasserscheide die nothwendige Wassermenge meist nicht annähernd vorhanden ist.

Seekanäle. Ihrer Bauanlage nach werden die Kanäle in zwei Hauptgruppen, in Seeschiffahrtskanäle und in Binnenkanäle unterschieden.

Digitized by Google

Die Seeschiffahrtskanäle dienen dem Verkehre grosser Seeschiffe zwischen zwei Meeresgebieten oder zur Verbindung eines Seehafens mit einem Binnenstrome. Solche Kanäle sind der Suezkanal, der Nord-Ostsee- oder Kaiser Wilhelm-Kanal, der Manchester Seeschiffahrtskanal, der Kanal von Korinth, der Seekanal von St. Petersburg nach Kronstadt, der Nordseekanal Amsterdam-Ymuiden, der Amsterdam-Merwede-Kanal und der grosse Kanal bei Chicago, welcher der Hauptsache nach der Entwässerung dieser Stadt zu dienen bestimmt ist, jedoch auch als Schiffahrtsstrasse benutzt werden wird.

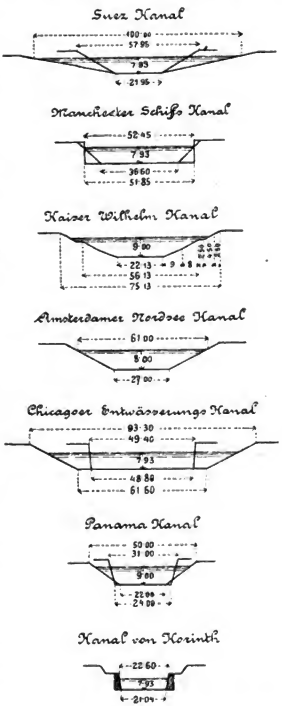


Bild 81.

Als Projekte sind anzuführen: Der in seiner Ausführung unterbrochene Panama-Kanal, der Nicaragua-Kanal und die Kanalverbindung des Firth of Forth mit dem Firth of Clyde in Schottland. Ferner der geplante Canal des deux mers, welcher den Meerbusen von Biskaya bei Bordeaux mit dem von Toulon bei Narbonne verbinden und Frankreich einen eigenen Seeweg zum Mittelmeere schaffen soll, nachdem der Kanal du midi den Anforderungen der Jetztzeit nicht mehr genügt. Als Gegenprojekt zu dieser Linie wurde der französische Nord-Süd-Kanal aufgestellt, welcher zwischen Calais oder Dünkirchen über Paris, mit Benützung der Seine, der oberen Loire über Lyon zum Rhônethal nach Marseille gedacht ist. In Dänemark soll von der Jammer Bucht an der Nordsee zum Limfjord am Kattegat, etwa drei Grade nördlicher als der Kaiser Wilhelm-Kanal, eine Verbindung geschaffen werden. In Russland ist der Weissemeer-Onegasee-Kanal zu erwähnen, ferner stellt der 86 km lange Wolga-Don-Kanal einen neuen Wasserweg zwischen dem Kaspischen und dem Asowschen Meere dar und endlich liegt ein das letztere mit dem Schwarzen Meere verbindender Bauentwurf für den Kanal von Perekop durch die gleichnamige Landenge vor. In Italien ist ausser einem Seekanale in Calabrien zwischen dem Tyrrhenischen und Jonischen Meere noch ein Querkanal, welcher den Trasimenischen See durchziehend, die Verbindung des Tyrrhenischen Meeres

Digitized by Google

nördlich von Civitavecchia mit dem Adriatischen Meere bei Fano bezweckt, geplant, welcher eine Länge von 280 km, eine Breite von 80 m und eine für die grössten Panzerschiffe ausreichende Tiefe von 12 m erhalten soll. Endlich befasst man sich mit dem Gedanken, die Städte Paris, Berlin, Brüssel, Gent und Rom dem unmittelbaren Seeverkehre anzugliedern. Die Kosten des Kanals, durch welchen Paris zum „port de mer“ gemacht werden soll, würden 2000 Millionen Francs betragen, dagegen wurde der nur 27 km lange Kanal nach Brüssel auf 14 Millionen und die Seeverbindung nach Rom, mit 20 km Länge, auf

Bild 82. Der Suez-Kanal.

20 Millionen veranschlagt. Vergleichende Querschnitte der wichtigsten Seekanäle sind im Bilde 81 dargestellt.

Der Suez-Kanal (Bild 82) erstreckt sich von Port Said bis Suez und hat eine mittlere Tiefe von 8 m. Seine Wasserbreite schwankt zwischen 58 bis 100 m. Die grosse Bedeutung dieses Kanales liegt in der durch ihn geschaffenen Abkürzung des Seeweges zwischen Europa, Ostasien und Australien, welche für Schnelldampfer 20, für gewöhnliche Frachtdampfer 40 Tage beträgt. Der Unterschied des Seeweges um das Kap der guten Hoffnung nach Bombay gegenüber dem Kanalwege beträgt für Konstantinopel 10 400, für Marseille 7900, für London und Amsterdam 6900 und für New-York 5900 Seemeilen.

Der 1895 vollendete Kaiser Wilhelm-Kanal ist ein 98,60 km langer Durchstich zwischen der Ostsee und der Elbe mit einer Sohlenbreite von 22 m, einer Wasserspiegelbreite von 50 bis 90 m und einer Wassertiefe

Digitized by Google

von 8,50 bis 9,00 m. Bei mittlerem Wasserstande beträgt seine Querschnittsfläche 413 m² oder das sechsfache der mit rund 70 m² eintauchenden Handelsseedampfer. Der Manchester-Kanal hat dagegen 352 m², der Amsterdamer Seekanal 366 m² Fläche. Der Kaiser Wilhelm-Kanal ist nur an beiden Endpunkten bei Brunsbüttel und Holtenau mit Schleusen ab-

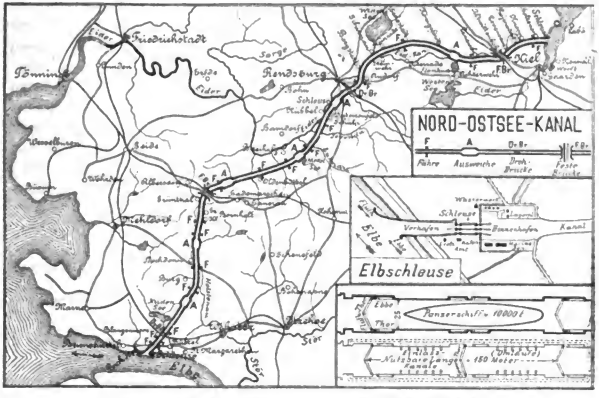


Bild 83. Der Nord-Ostsee- oder Kaiser Wilhelm-Kanal.

geschlossen, welche 150 m Kammerlänge, 25 m Breite und 9,90 m Tiefe unter dem Normalwasserstand haben. Von der Mündung bei Holtenau bis Rendsburg, auf 60 km Länge, liegt die Sohle wagerecht, die übrige Kanallänge

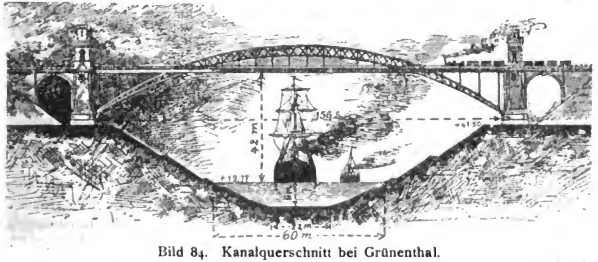


Bild 84. Kanalquerschnitt bei Grünenthal.

hat ein geringes Gefälle. Die Bewegung der Schleusenthore erfolgt hydraulisch. Die Brunsbütteler Schleuse bleibt während der Elbefluth geschlossen und wird erst geöffnet, wenn der äussere Wasserstand mit dem im Kanale nahezu gleich ist. Die Holtenauer Schleuse wird nur bei Sturm ab-

Digitized by Google

gesperrt. Zum Schutze ersterer sind im Elbestrom zwei grosse Molen gebaut, die an der Krone 5 m stark sind und deren Köpfe zwei Leuchtthürme tragen. An den Innenseiten der Schleusen befindet sich je ein Binnenhafen von 500 m Länge und 200 m Breite. In der Kanalstrecke sind sieben Ausweichestellen für die Begegnung besonders grosser Kriegsschiffe angebracht. Den Kanal kreuzen vier Eisenbahnlinien, von welchen eine bei Grünenthal (Bild 84) über eine 42 m hohe Brücke mit einer Spannweite von 156 m, eine andere in gleicher Höhe mit 165 m Spannweite bei Levensau führt, während der Uebergang der beiden anderen Eisenbahnlinien bei Taterpfahl und bei Rendsburg durch Drehbrücken erfolgt. Nachts wird der Kanal durch elektrische Lampen erhellt. Bei Rendsburg liegt ein grosser Reparaturhafen. Abgesehen von seiner grossen militärischen Bedeutung, die darin gipfelt, dass die deutsche Kriegsflotte ohne die Gefahren des Seeweges um Skagen in kurzer Zeit entweder in der Ostsee oder in der Nordsee versammelt werden kann, liegt die wirthschaftliche Bedeutung des Kaiser Wilhelm-Kanales in erster Linie in den Abkürzungen insbesondere für die Häfen Hamburg, Bremerhafen, die Rheinhäfen und London von und nach der Ostsee.

Berechnete mittlere Fahrtabkürzung bei Benutzung des Kaiser Wilhelm-Kanales gegenüber dem Seewege um Skagen.

	Gewinn an Weglänge bei Benutzung des Kaiser Wilhelm-Kanales		Zeit
	See-meilen	km	Stunden
Hamburg	424,8	786,7	44,91
Bremerhaven	322,8	597,8	32,54
Emden	282,8	523,7	27,69
Amsterdam	236,8	438,6	22,12
Rotterdam	236,8	438,6	22,12
Antwerpen	236,8	438,6	22,12
Dünkirchen	238,8	442,3	22,35
London	238,8	442,3	22,36

Bild 83 stellt die Kanallinie und Bild 84 den Querschnitt des Kanales bei Grünenthal dar.

Der Manchester-Kanal, welchen 5 Eisenbahnen wettbewerben, mündet unter Umgehung von Liverpool unmittelbar bei Eastham in den Mersey. Die Sohlenbreite beträgt 36,6 m, die gewöhnliche Wassertiefe 7,93 m. Der Höhenunterschied zwischen Manchester und Eastham wird durch 5 Schleusenanlagen überwunden. Den Kanal überkreuzen 3 Eisenbahnen und der Bridgewater-Kanal, welcher über eine drehbare eiserne Brücke geführt wird. Die Wehranlage und Schleusen bei Barton, sowie die schematische Zeichnung von Stoney's Thorabschluss sind im Bilde 85 dargestellt.*)

*) Stoney's dichthaltender Wehrabschluss wurde indessen auch bei Genf mit Erfolg angewendet.

Digitized by Google

Bild 85 Wehranlage und Schleusen bei Barton, am Seekanale von Manchester.

Digitized by Google

Der Kanal von Korinth, welcher den gleichnamigen Isthmus durchsticht, ist 6,3 km lang, hat 21,04 m Sohlenbreite und 7,93 m Tiefe.

Die eigenartigste Bauanlage ist der von St. Petersburg nach Kronstadt führende, mitten durch die See gehende Kanal, welcher in einer Länge von 12 km beiderseits von gewaltigen Molen begrenzt wird, die eine im Meeresgrunde ausgebaggerte Sohlenbreite von 84 m mit 6,80 m Tiefe einschliessen.

Die Tracen des Panama- und Nicaragua-Kanales siehe VI. Theil.

Zu erwähnen ist noch der Seekanal Belgiens von Heyst nach Brügge, welcher, 11 km lang, in der Sohle 22 m nnd im Wasserspiegel, bei 6,15 m Tiefe, 70 m breit ist, sowie der Seekanal nach Brüssel welcher in seinem Laufe fast ganz den bestehenden alten Kanal von Willebroeck benutzen wird, der auf eine Tiefe von 5,5 m gebracht und dessen Sohle auf 18 m verbreitert werden soll.

Binnenkanäle.*) Die Binnenkanäle vermitteln den Verkehr von Schiffen zwischen zwei Binnenwasserläufen. Eine Unterscheidung derselben ergiebt sich dadurch, dass man die Hauptlinie als Haupt- oder Stammkanal und die an diese sich anschliessenden, dem örtlichen Verkehr und als Frachtzubringer dienenden Anlagen als Zweig- oder Stichkanäle bezeichnet. Die Binnenkanäle gehen entweder in ganz ebener Gegend, wie jene in Holland und der Lombardei, wo sie in Form eines Netzes nach allen Richtungen hin auszweigen und mit Ausnahme jener Kanalstrecken, welche das Fluthgebiet der See abschliessen, zumeist Kammerschleusen mit sehr geringem Gefälle haben, oder sie ziehen als Seitenkanäle entlang der Thalsohle eines Flusses, welchen sie an einer Stelle verlassen, um oft weit unterhalb dieser in denselben wieder einzumünden, oder aber sie überschreiten mehr oder weniger hochgelegene Wasserscheiden. Diese Kanäle folgen auch immer soweit als möglich der Thalsohle der in den schiffbaren Hauptstrom mündenden Nebenflüsse und ersteigen dann mittels der Schleusentreppen die Wasserscheide, auf dieser den Scheitelkanal bildend.

Während die Stufen der Schleusentreppen der Kanäle in der Ebene wenige und lange sind, sind die Haltungen der Kanäle über Wasserscheiden, je nach dem zu überwindenden Gebirgslande, ziemlich kurz und von vielen Schleusen unterbrochen. Durch die grosse Zahl der zur Ueberschreitung hochgelegener Wasserscheiden nothwendigen Schleusen werden nicht nur die Baukosten solcher Kanalanlagen bedeutend, sondern es steigen auch, weil der Betrieb durch die vielen Schleusungen sehr verzögert wird, die Betriebskosten.

Ein Theil des alten Donau-Main-Kanales hat zum Beispiel auf kaum 10 km Kanallänge 24 Schleusen, einzelne derselben sind nur 150 m von einander entfernt. Zum Aufstieg von der Donauseite mit 80 m Höhe und zum Abstieg auf der Mainseite mit 180 m benöthigt er nicht weniger als 100 Schleusen.

Schleusen mit grossem Gefälle. Da die Beförderungskosten bei Schleusenkanälen durch die von ihnen verursachten Schiffsaufenthalte wesentlich zunehmen, so sucht man die Kanallinie unter Ausnutzung der örtlichen Bodengestaltung so

*) Die wichtigsten Binnenkanäle siehe VI. Theil.

Digitized by Google

zu führen, dass möglichst lange Haltungen und wenig Staustufen entstehen. Diesem Zwecke dienen die Schleusen mit grossen Gefällen. Eine derartige hohe Gefällsschleuse liegt beispielsweise im Kanale St. Denis bei Paris mit 9,92 m Höhe. (Bild 86.) Je grösser aber das Schleusengefälle ist, um so grösser wird wieder der hierzu nothwendige Betriebswasserverbrauch und wenn auch die Anzahl der Schleusenstufen durch Verwendung von Schleusen mit grösserem Gefälle verringert werden kann, so ist man in der Gefällshöhe einerseits enge begrenzt, anderseits wird bei einer grösseren Kanalanlage die Wasserbeschaffung für die grossen Schleusengefälle sehr schwierig und kostspielig. Diese Gründe haben den gegenwärtigen Kanalbau dazu geführt, höhere Wasserscheiden statt mit Schleusen, mittels anderer technischer Mittel, welche ein Heben oder ein Aufziehen der in einem Troge schwimmenden Schiffe auf die einzelnen Wasserstufen oder die Trockenförderung derselben über den ganzen Höhenunterschied ermöglichen, zu überwinden (siehe Abschnitt 6).

Normalabmessungen der Kanäle. Nachdem es Aufgabe eines Kanales ist, den Verkehr zwischen bereits bestehenden Wasserstrassen zu vermitteln,

Bild 86. Schleuse am Kanale St. Denis.

die Schiffbarkeit dieser aber sehr verschieden, oft in engen Grenzen gezogen ist, und man, um die Beförderungskosten des Kanales billig und dessen Leistungsfähigkeit gross zu gestalten, in den Abmessungen desselben soweit als nur thunlich gehen will, so ist bei der Verfassung eines Kanalbauentwurfes die Bestimmung der Normalabmessungen eine sehr wichtige Frage. Dieselbe ist um so schwieriger, weil von ihr die Höhe der Baukosten und von dieser wieder die Berechnung der zu erwartenden Verzinsung des Anlagekapitales abhängt. Letzteres wird aber wieder um so höher, je grösser die Abmessungen des Kanales genommen werden. Endlich ist die Frage der Bestimmung der Normalabmessungen für ein Kanalnetz darum von massgebendster Bedeutung, weil dieselbe im innigen Zusammenhange mit dem Bau der Fluss- und Kanalschiffe steht, welche doch wechselseitig sowohl die einzelnen Kanalwege, als auch die durch diese zu verbindenden Ströme in ununterbrochenem Betriebe durchfahren sollen. Verschiedenheiten in den Wassertiefen der Kanäle, in den Längen und lichten Weiten ihrer Schleusen, sowie Unterschiede in den Fahrtiefen der von ihnen verbundenen Flüsse lassen aber einen ununterbrochenen Betrieb nicht zu und beeinflussen dann den Ertrag der Schiffahrt ungünstig.

Französische Normalabmessungen. Dieses hat man besonders in Frankreich erfahren, wo man nach vielseitigen Erwägungen endlich zur Bestimmung von Normalabmessungen geschritten ist, welche beim Bau neuer Kanäle ein-

Digitized by Google

gehalten werden und auf welche zum grossen Theile auch die alten Kanalanlagen vergrössert wurden.

Als Normaltiefe für grosse Kanäle wurden in Frankreich 2,00 m, als Schleusentiefe über dem Drempel 2,50 m, als lichte Weite der Schleusen 5,20 m und als geringste nutzbare Länge derselben 38,50 m festgesetzt. Als geringste Höhe der Unterkante fester Brücken über den Kanalhaltungen wurden 3,70 m bestimmt.

Die Schleusentiefe wird deshalb immer grösser als die laufende Kanaltiefe angenommen, weil man alle festen Kanalbauwerke aus Rücksicht eines voraussichtlich durch spätere Verkehrsanforderung nothwendig werdenden Kanalumbaues schon entsprechend grösser anlegen muss, um sich späterhin wenigstens den theueren Umbau der festen Bauwerke zu ersparen.

Jene Länder, welche nicht mit den Erfordernissen bestehender alter Kanalanlagen, wie dieses in Frankreich der Fall war, zu rechnen haben, werden bei ihren Kanalbauten den zeitgemässen Bedürfnissen einer Grossschiffahrt Rechnung tragen und die Normalabmessungen von vorneherein so gross als möglich annehmen. Natürlich dürfen die Anforderungen in dieser Richtung nicht zu hoch gespannt werden und müssen sich annähernd in jenen Grenzen halten, welche einerseits der zu erwartende Verkehr fordert, und anderseits die zum Kanalbau zur Verfügung stehenden Geldmittel zulassen.

Deutsche Normalabmessungen. Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, hat man in Deutschland zwei Kanalabmessungen festgesetzt:

Für Kanäle mit dem Verkehr von Schleppen mit 400 bis 500 Tonnen Nutzlast und 1,70 m grösster Tauchtiefe:

Kanal-Tiefe	2,00 m
„ -Spiegelbreite . .	25,00 „
„ -Sohlenbreite . .	15,00 „
Schleusen-Tiefe . . .	2,50 „
„ -Weite . . .	7,00 „
„ -Länge . . .	57,50 „

Für Kanäle mit dem Verkehr von Schleppen mit 600 bis 700 Tonnen Nutzlast und 2,20 m grösster Tauchtiefe:

Kanal-Tiefe	2,50 m
„ -Spiegelbreite . . .	30,00 „
„ -Sohlenbreite . . .	18,00 „
Schleusen-Tiefe	3,00 „
„ -Weite	8,60 „
„ -Länge	67,00 „

Die lichte Höhe der Brückenunterkanten über dem gewöhnlichen Wasserspiegel hat man bei allen Kanälen mit 4,50 m angenommen.

Durch diese grossen Abmessungen ist Deutschland in der Lage, sich ein zusammenhängendes, den Anforderungen eines wirthschaftlichen und billigen Grossverkehres entsprechendes Wasserstrassennetz zu schaffen.

Voraussichtliche österreichische Kanalabmessungen. Von den Abmessungen der deutschen Kanäle ausgehend, hat man in Oesterreich eine Schiffs-

Digitized by Google

form aufzustellen versucht, welche bei geringsten Abmessungen das möglichst grösste Tragvermögen und solche Baulinien hat, dass es bei der im Kanal- und Flussschiffahrtsbetrieb üblichen Zugsgeschwindigkeit von 4 bis $4^1/_2$ km in der Stunde, den verhältnismässig geringsten Zugswiderstand bietet.

Ein derartiger, vom Verfasser dieses dem Schiffahrtstage in Nürnberg 1898 vorgeschlagener Normalschlepp*) wurde indessen im Donaubetriebe eingeführt und hat folgende Abmessungen:

Länge	63,00 m
Breite	8,20 „
Höhe	2,40 „

Tiefgang unbeladen	0,35 m
„ bei grösster zulässiger Beladung mit 675 Tonnen . .	1,90 „
„ „ einer Beladung mit 630 Tonnen	1,80 „
„ „ „ „ „ 496 „	1,50 „

Diesem Normalschlepp entsprechend wurden dem Verbandstage, um eine einheitliche Gestaltung der Kanäle zu erzielen, folgende Kanalabmessungen beantragt:

Normale Wassertiefe:

in zweischiffigen freien Strecken	2,10 m
in einschiffigen Strecken und festen Bauwerken . .	2,50 „

Normale Sohlenbreite:

in zweischiffigen geraden Strecken	18,00 m
in einschiffigen geraden Strecken und festen Bauwerken	10,00 „

Normale Schleusenabmessungen:

Tiefe über dem Drempel	2,50 m
lichte Weite zwischen den Thoren .	8,60 „
nutzbare Länge	67,00 „

Normale Brückenhöhe:

lichte Höhe der Brückenunterkante .	4,00 m

Bei dem in Oesterreich mit der Gesetzesvorlage vom Jahre 1901 zum Bau bestimmten Wasserstrassennetze wurden die ursprünglich vom Donau-Moldau-Elbe-Kanal-Comité festgesetzten Abmessungen zur Ausführung vorgeschlagen:

Kanaltiefe	2,10 m
Sohlenbreite in gerader Strecke .	18,00 „

in Krümmungen entsprechende Verbreiterung um die dreifache Bogenhöhe der grössten Schiffslängensehne,

Brückenhöhen mindestens . . .	4,00 m
Schleusentiefe über dem Drempel.	2,50 „
lichte Thorweite	8,60 „
nutzbare Länge	67,00 „

In den zukünftigen österreichischen Kanälen kann demnach die oben beschriebene jüngste Donauschleppform mit 63,00 m Länge, 8,20 m Breite, mit einer Tauchung zwischen 1,70 bis 1,80 m, also mit rund 600 Tonnen Ladung eben noch verkehren, obwohl zur Einschleusung eines 8,20 m breiten

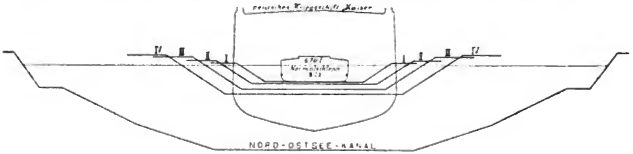
*) C. V. Suppán, Normal-Binnenschiffstyp für die Verbandsländer, Berlin 1898, A. Troschel.

Digitized by Google

Fahrzeuges in eine nur 8,60 m breite Kammer alle Vorsicht nothwendig ist und letztere wenigstens auf 8,80 m Weite vergrössert werden sollte.

Diese grossen Abmessungen der zukünftigen österreichischen Kanäle ergeben sodann im Vereine mit der noch durchzuführenden Regulirung der Donau für Niederwasser, sowie der Kanalisirungen der Elbe ab Aussig und der Oder ab Oderberg einen ununterbrochenen Grossschiffahrtsbetrieb mit Schleppen von 600 Tonnen Nutzlast zwischen Oesterreich und dem deutschen Wasserstrassennetze. Hierdurch wird die Nord- und Ostsee mit dem Schwarzen Meere verbunden werden, und mitten durch Deutschland, Oesterreich-Ungarn und die unteren Donauländer, in einem vereinigten Stromgebiete von 1 Million km², eine zusammenhängende Wasserstrasse von über 5000 km Länge entstehen.

Kanalquerschnitte und Sohlenbreite. Die Sohlenbreite eines Kanales soll zumindest so gross sein, dass bei entsprechender Böschungsanlage und



I. Französische grosse Kanäle.
II. Oder-Spree-Kanal.
III. Zukünftiger österreichischer Kanalquerschnitt.
IV. Havel-Oder-Kanal.

Bild 87.

Tiefe der Kanalquerschnitt viermal so viel betrage, als der eingetauchte Querschnitt der grössten dort üblichen Kanalschleppe bei ihren häufigst vorkommenden Tauchungen. Unbedingt soll aber die Breite so bemessen sein, dass zwei Schleppzüge, ohne sich zu hindern und ohne ihre Zugsgeschwindigkeiten zu stark verringern zu müssen, aneinander vorbeifahren können.

Diese Forderung des Verhältnisses zwischen dem Kanalquerschnitte und dem eingetauchten Schiffsquerschnitte ist mit Rücksicht auf die im Kanale sehr stark auftretenden Zugswiderstände, insbesondere wenn durch Dampfkraft grössere Zugsgeschwindigkeiten, über 4 km in der Fahrstunde, angewendet werden sollen, gerechtfertigt.

Um über die Grösse einzelner Kanalanlagen Vergleiche machen zu können, sind im Bilde 87 einige Querschnitte von Binnenkanälen mit dem Querschnitte des früher beschriebenen 670 Tonnenschleppes im Verhältnisse zu den Schnitten durch einen Seekanal und ein grosses Kriegsschiff aufgezeichnet.

Kanalhaltungen. Krümmungshalbmesser. Ueber die Kanaltrace ist allgemein zu bemerken, dass sich diese aus geraden Strecken und aus Kreisbögen zusammensetzt. In den geraden Haltungen wird das Wasser durch den Wind oft ziemlich aufgestaut und es entsteht dadurch, wenn die Haltung

Digitized by Google

lang ist, oft eine wesentliche Wasserstauung; ferner setzen sich in solchen geraden Strecken der von den Dampfern erzeugte Wellenschlag, insbesondere aber die durch den Schleppzug erzeugten Bugwellen, auf grössere Längen fort, weil die Wellen keinen Widerstand finden und daher nicht gebrochen werden. Bei grösserem Verkehre wird hierdurch das stromlose Kanalwasser unruhig, was die Steuerung der Schleppzüge zwar unwesentlich, die Kanalufer und die Böschungen jedoch wesentlich schädlich beeinflusst. In den Krümmungen tritt diese Erscheinung weniger auf, weil sich in deren ausbiegenden Stellen die Wellen brechen und das Kanalwasser viel früher zur Ruhe gelangt. Gerade, lange Strecken sind übrigens seltener, zumeist wird die Kanallinie durch sanft aufeinanderfolgende Krümmungen unterbrochen.

Der Halbmesser der Kanalkrümmungen hängt von dem Querschnitte und der Länge der den Kanal befahrenden grössten Schleppe ab.

Bild 88. Brückenkanal über die Loire bei Briare.

Bei dem für die grossen Rheinschiffe bemessenen Emscher-Kanal wurde ein Mindesthalbmesser von 500 m bestimmt. Beim Donau-Main-Kanal hat man als geringsten Krümmungshalbmesser 100 m für Schiffslängen von 33 m und auf den kleineren französischen Kanälen sogar solche von nur 70 m angenommen.

Im Allgemeinen bereiten die Kanalkrümmungen der Schiffahrt keine Schwierigkeiten, die Schleppzüge müssen nur entsprechend geführt werden und gute empfindliche Steuervorrichtungen haben. In scharfen Krümmungen müssen aus Rücksicht auf die Schiffahrt entsprechende Erweiterungen des Kanalquerschnitts angeordnet werden.

Linienführung des Kanales. Die technischen Fragen über die zweckmässigste Führung der Kanallinie und über den Kanalbau selbst fallen nicht in den Rahmen dieses Buches. Es soll nur bemerkt werden, dass, während eine Eisenbahntrace unter gleichmässiger Ausnutzung des Bodengefälles geführt wird, der Kanal in möglichst langen wagerechten Haltungen geht, und das Bodengefälle zwischen diesen an gewissen Punkten sammelt, welche

Digitized by Google

Gefällspunkte dann durch Schleusen oder Hebewerke überwunden werden. Nur die Trockenförderung von Schiffen lässt auch eine Linienführung mit Ausnutzung des Bodengefälles, ähnlich wie beim Eisenbahnbaue, zu. (Siehe Abschnitt 6.)

Oft muss der Kanal, sowie eine Eisenbahn über Wasserläufe auf Brücken geführt werden. Ein derartiger Brückenkanal ist im Bilde 88 dargestellt. Derselbe überschreitet die Loire, ist 662,69 m lang und besitzt 15 Oeffnungen, welche von einer Blechtrogbrücke mit je 40 m Spannweite übersetzt werden. Den Querschnitt eines Brückenfeldes zeigt Bild 89. Oft geht die Trace in tiefen Einschnitten, nicht selten auch in Tunnels. Einen Kanaltunnel zeigt Bild 90. Dieser 4820,45 m lange, in der Scheitelhaltung des 152 km langen Kanales von der Marne zur Saône liegende Tunnel durchsetzt Schichten aus Mergel und Kalk und unterfährt zweimal die Marne, die 4,23 m und 14,85 m über dem Scheitel des Tunnels liegt.

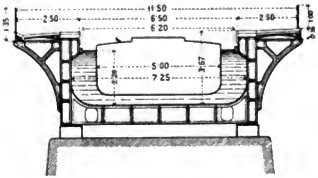


Bild 89. Schnitt durch den Brückenkanal.

Kanalufer und Böschungen.

Die festen Mauerwerke sind immer kostspielig, weshalb dieselben nur in tieferen Einschnitten, in rutschigem Baugrunde, bei Ortschaften, um die Kosten des Grunderwerbes oder Erdarbeiten zu ersparen, bei Erweiterungen, Lande- und Liegeplätzen, ferner bei allen festen Schleusenbauten, Brücken und Uebergängen, und endlich bei den Hafenanlagen angewendet werden.

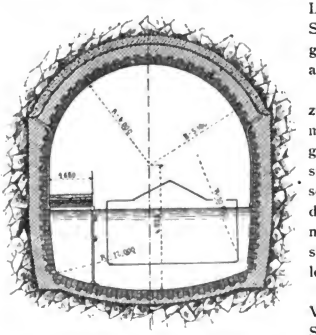


Bild 90. Kanaltunnel bei Balesmes.

Die Erdböschungen sind zumeist $1^1/_2$ bis 2fach angelegt und müssen insbesondere dann gut ausgeführt und befestigt sein, wenn sie dem Wellenschlag eines Dampfschleppzuges ausgesetzt sind, weil der Wellenanprall die Böschungen nahezu immer in derselben Wasserspiegelhöhe trifft und diese daher leicht unterwaschen kann.

Bei Kanälen mit grösserem Verkehr und Dampfbetrieb ist der Strich des Wellenanpralles ganz genau in der Form eines Streifens von beiläufig $^1/_2$ m Breite, dessen Mitte in der gewöhnlichen Kanalspiegelhöhe liegt, sichtbar.

Diese Beschädigungen der Kanalböschungen sind, ganz abgesehen von dem im Kanalquerschnitte auftretenden Zugswiderstand und den Steuerungsschwierigkeiten, eine Mitursache, dass man im Kanalbetriebe über eine

Digitized by Google

Zugsgeschwindigkeit von 5 km in der Fahrstunde nicht gehen kann, weil bei höherer Zugsgeschwindigkeit die Grösse und Gewalt der Fahr- und Bugwellen ausserordentlich zunehmen würden.

Die ursprüngliche Form der Kanalböschungen unterliegt demnach im Laufe der Zeit einer wahrnehmbaren Veränderung. Dieselben werden ausserdem noch durch das Anlegen und Ausfesten der Schiffe, welche bei nicht genügender Vorsicht und bei Mangel an strammer Beaufsichtigung an die Ufer stark anstossen, ferner durch das Einsetzen der Schiffsstangen und Schorrbäume in die Kanalufer, endlich durch das Betreten der über Wasser liegenden Böschungstheile bei Schiffsmanövern beschädigt und verändert.

Die Böschungen eines Kanales erfordern daher eine ununterbrochene sorgfältige Untersuchung und Erhaltung. Die dem Wellenangriff ausgesetzten Böschungsstreifen sucht man durch Bepflanzung der Berme oder durch Steinbekleidung, Errichtung von Trockenmauerwerk, seltener durch Einrammung von Pfählen und Faschinenauflage in der Kanalspiegelhöhe zu schützen. Oberhalb des Schutzstreifens belegt man die Böschung mit Rasen.

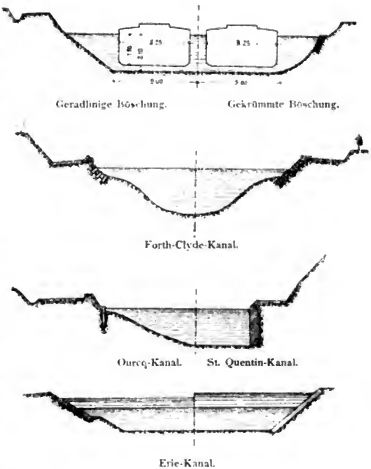


Bild 91.

Um bei einem gegebenen Kanalquerschnitt einen wirthschaftlichen Zugswiderstand zu erhalten und dem Angriffe des Wasseranpralles auf die Böschungen möglichst zu begegnen, ist man bestrebt, statt der geradlinigen Kanalquerschnitte andere, geeignetere Formprofile, die obigen Erfordernissen entsprechen, einzuführen. Dieselben haben sich hauptsächlich aus den praktischen Beobachtungen des Betriebes und der Entwicklung der Kanalwellen ergeben. Im Bilde 91 sind einige auf diesen Grundsätzen fussende Kanalquerschnitte dargestellt. Die Breitenabmessungen sind im halben Massstabe der Höhen gezeichnet.

Treidelweg. Die obere Kante einer Kanalböschung liegt gewöhnlich 1,00 m oberhalb des Wasserspiegels und bildet in der Regel die äussere Begrenzung des Treidelweges oder Leinpfades, welcher bei jedem Kanal,

Digitized by Google

wenn auf demselben auch Dampfbetrieb oder ein anderer mechanischer Schleppzug eingerichtet ist, bestehen muss, damit schon aus Rücksicht für den örtlichen Verkehr die Allgemeinheit am Kanalbetriebe theilnehmen kann.

Das Treideln giebt dem Kanale erst sein bezeichnendes Gepräge, weil er hierdurch, sowie jede Landstrasse, Jedermann zugänglich ist, der über ein entsprechendes Schiffsgefäss verfügt und sich der Kanalgebühr und den allgemeinen Anordnungen unterwirft, im Gegensatze zu den Eisenbahnen und auch der Schiffahrt auf jenen schwer zu befahrenden Stromstrecken, welche nur mit eigens anzuwendenden Betriebsmitteln benutzt werden können.

Bei den meisten Kanalanlagen ist der Leinpfad nur längs eines Kanalufers angelegt. Seine Breite hängt von der Grösse der zu treidelnden Schiffe ab. Damit ein Pferdezug, bestehend aus zwei bis vier Pferden, ihn sicher beschreiten kann, nimmt man 3,50 bis 4,00 m an, unter Brücken und bei

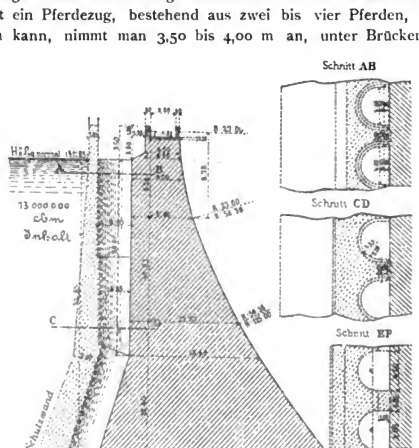


Bild 92. Staumauer des Reservoires „du Ban".

Uebergängen wird diese Breite auf 3,00 m verringert. Der Leinpfad erhält zur Unterstützung des Eigengewichtes der Pferde beim Zuge eine vom Kanal abgekehrte Querneigung von etwa 0,10 m (siehe Bilder 91).

Anlagen zur Wasserbeschaffung. Zu den Bauanlagen, welche die Wasserversorgung eines Kanales regeln, gehören die Speisegräben mit ihren Einmündungsschleusen und die Entlastungsgräben.

Digitized by Google

Die zur Speisung der Kanäle dienenden Pumpwerke und Aquädukte sind im Wesen die gleichen, wie die für Zwecke der Wasserversorgung einer Stadt angelegten, oft ganz gewaltige Bauten, welche das Wasser aus Seen oder Flüssen, aus Thalsperren in bedeutender Höhe in die Sammelbecken leiten oder aufpumpen, aus welchen es dann der Scheitelstrecke zugeführt wird.

Die Anlagen dieser Wasserbecken, Reservoire, sind technisch schwierige Werke und erfordern bei grösseren Kanälen oft ausserordentlich hohe Baukosten, weil sie zur Aufspeicherung vieler Millionen Kubikmeter Wasser bedeutende Abmessungen erhalten und sehr sorgfältig und stark gebaut werden müssen. Bei den österreichischen Kanalanlagen wurde beispielsweise berechnet, dass die Aufspeicherung einer jeden Million Kubikmeter Wasser auf eine Million Kronen zu stehen kommen würde.

Im Bilde 92 ist das 13 000 000 cbm fassende Reservoir von Ban dargestellt, welches die Speisung des Scheitelkanales von Montbéliard zur oberen Saône zu besorgen hat. Die 800 m lange Sperrmauer besitzt gegen die Wasserseite zu die den französischen Wasserbecken eigenartige Schutzwand, „mur de garde", welche bis in die wasserundurchlässigen Schichten des Untergrundes reicht. Das Mauerwerk ist für eine grösste Druckbeanspruchung von 6 cbm pro cm^2 berechnet. Am Fusse ihrer grössten Erhebung über der Thalsohle hat die Staumauer einen Grundablass, welcher zur Reinigung des Reservoirs benutzt wird. Die Wasserzuführung zu den Zubringern des Kanals erfolgt mittels tunnellirter Umläufe neben der Mauer. Die Herstellungskosten sammt den 3,5 km langen Zubringern haben 14 000 000 Francs betragen, die Aufspeicherung eines Kubikmeters Wasser stellt sich somit auf über 1 Franc.

Dichtung der Kanäle. Weil die Beschaffung des Wassers eine so kostspielige und schwierige ist, ist auch die Frage der Dichtung der Kanäle von Wichtigkeit. Nachdem die ganzen Kanalstrecken der aussergewöhnlichen Kosten wegen doch nicht so wie die Wasseraufspeicherungswerke durchwegs fest gebaut oder ganz in Beton gehüllt werden können, müssen die Versickerungsverluste durch andere Mittel eingeschränkt werden, während man durch Betonirung der Sohle und Uferseiten ausser den festen und Kanalkunstbauten nur die stark durchlässigen Baugründe, die zerklüfteten Felsböden und die groben Kiesflächen dicht macht.

Den Grad der Dichte der übrigen Kanalstrecken kann man erst nach deren erster Wasserfüllung richtig beurtheilen und die entsprechende Wahl der Art der Dichtung bestimmen. Die Dichtung der Kanäle geschieht mittels aus Cement hergestellter Erdkörper, fester schlammiger Erde und am besten mit Thonschlag. Die bautechnischen Einzelheiten der bezüglichen Ausführungen sind jedoch nicht mehr Zweck dieser Veröffentlichung.

Schleusungszeit. Die Zeit für die Durchfahrt eines Bootes durch einen Schleusenkanal ist in erster Linie abhängig von der Schleusungszeit. Die gesammte Schleusungszeit ist wieder abhängig von der Verkehrsrichtung der nach einander durchlaufenden Schleppe. Können diese in einer Richtung einer Schleusentreppe befördert werden, ohne dass ein in entgegengesetzter Richtung fahrender Schlepp dieselben stört, so kann ein Schlepp nach dem

Digitized by Google

anderen ununterbrochen, gleichsam wie auf einer Stiege hinaufschreitend, geschleust werden, und die Leistungsfähigkeit des Kanales ist dann eine ausserordentliche. Ein in entgegengesetzter Richtung zur Schleusung kommendes Fahrzeug unterbricht jedoch diese Fortschreitung vollständig, weshalb die Verkehrsleistung auf einem Schleusenkanal stets eine beschränkte ist.

Die Schleusungszeit selbst wird in erster Reihe von der Höhe des Schleusengefälles bedingt. Für eine zeitgemässe Schleuse von 8 bis 10 m Höhe nimmt man 25 bis 30 Minuten Schleusungszeit an. · Ein Schlepp benöthigt demgemäss durch einen Kanal mit 50 Schleusen 50 × 30 Minuten = 25 Stunden, um welchen Betrag seine Fortgangsgeschwindigkeit verzögert wird. Bei einem Dampferanhange von zwei Schleppen erfährt der zweite Schlepp, nachdem er bei allen Schleusen die Schleusungszeit des ersten abwarten muss, 2 × 25 Stunden = 50 Stunden Aufenthalt.

Die durch das Schleusen verursachten Schiffsaufenthalte sind demnach oft erhebliche, weil der Verkehr nicht immer derart eingerichtet werden kann, dass die Schiffe in regelmässigen Zeiträumen an den Schleusen eintreffen und sich dort kreuzen. Es entstehen vor den Schleusen Ansammlungen von Schiffen und mit diesen nicht vorauszuberechnende Aufenthalte, so dass ein im Kanale zurückgelegter Weg von 40 km während eines Tages schon als eine gute Betriebsleistung angesehen wird.

Die Zahl der auf einem Kanale zu befördernden Schiffe ist daher durch die Schleusungszeiten begrenzt, und es werden im Kanalbetriebe im allgemeinen täglich nicht mehr als 60 Schiffe geschleust. Durch Anwendung von Doppelschleusen und Schleppzugschleusen, durch sorgfältige bauliche Ausbildung der zum Füllen und Entleeren der Kammern dienenden Vorrichtungen, durch eine stramme Handhabung des Schleusendienstes und durch Einführung eines geregelten und ununterbrochenen Tag- und Nachtbetriebes kann man jedoch die Zahl der täglichen Schleusungen bedeutend steigern und hat sie auch schon auf 100 während eines Betriebstages gebracht.

Eine derart zeitgemäss ausgeführte Kammerschleuse ist mit verschiedenen maschinellen Vorrichtungen ausgerüstet. Ihre Füllung und Entleerung erfolgt durch zwei entlang der Kammer geführte Seitenkanäle, deren Ausflussöffnungen knapp an der Kammersohle liegen. Hierdurch wird ein rasches und ruhiges, für das Schiffsgefäss ganz ungefährliches Füllen der Kammer erzielt. Das Einschleppen der Schiffe in die Kammer geschieht mittels Kabestans, das Oeffnen und Schliessen der Thore und Schützen durch Druckwasser- oder Druckluftleitung. Die hierzu nothwendige Kraft kann in einem Kraftsammler mittels kleiner, durch Wasser aus der oberen Kanalhaltung getriebener Turbinen aufgespeichert werden. Durch diese Einrichtungen wird an den Schleusenaufenthalten Bedeutendes erspart. Doch wenn eine solche Schleuse selbst noch mit Sparbecken versehen ist, so beträgt, bei einer Kammerlänge von 67 m, einer Breite von 8,60 m und einer Gefällshöhe von 10 m, eine vollständige Schleusung durch dieselbe immerhin noch:

1. Bei Durchschleusung eines Schiffes:

Einfahrt des Schiffes in die Kammer . . .	4 Minuten
Schliessen der Thore	1 „
Füllen der Kammer mit 5800 cbm Wasser	8 „

Digitized by Google

Oeffnen der Thore	1 Minuten
Ausfahrt des Schiffes aus der Kammer .	4 „
Für Unvorhergesehenes in Folge langsamer Handhabung u. s. w.	2 „
Zusammen .	20 Minuten

Während dieser Zeit wurde das Schiff 10 m hoch gehoben und hat dabei einen Weg von 200 m zurückgelegt u. zw. eine Schiffslänge vor der Kammer, die Länge der Kammerschleuse und eine Schiffslänge nach der Kammer.

2. Bei Durchschleusung zweier in einer Richtung hintereinander fahrender Schiffe:

Durchschleusung des vorgehenden Schiffes	20 Minuten
Abermaliges Schliessen der Thore . . .	1 „
Füllen oder Entleeren der Kammer . . .	8 „
Oeffnen der Thore für das zweite Schiff .	1 „
Zusammen .	30 Minuten

3. Bei Kreuzung zweier Schiffe an der Kammerschleuse:

Einfahrt und Ausfahrt des ersten Schiffes .	20 Minuten
Einfahrt und Ausfahrt des zweiten Schiffes .	20 „
Zusammen .	40 Minuten

Es erfordert somit die Durchschleusung eines Schiffes 20 Minuten, zweier hintereinander fahrender Schiffe um 10 Minuten mehr und zweier sich kreuzender Schiffe 40 Minuten Schleusungszeit.

Selbstverständlich sind die Schleusungszeiten je nach den Abmessungen und Vorrichtungen der Kammern sehr verschieden. Beispielsweise hat man bei den kleinen Schleusen des Donau-Main-Kanales mit nur 4,50 m Weite, 34 m Länge und 2,60 m Gefälle beobachtet, dass die Schleusung eines Schiffes 3 für die Einfahrt, 6 für das Füllen oder Entleeren, 3 für die Ausfahrt und je 1 Minute für das Schliessen und Oeffnen der Thore, daher insgesammt gewöhnlich 14 Minuten beansprucht.

Nachdem dort mittels Pferdezug getreidelt wird, und dieser im besten Falle 3 km in der Stunde zurücklegt, so ist dieser Schleusenaufenthalt einem Wegverluste von je 700 m gleichzusetzen, und verliert jedes Schiff daher bei seiner Durchfahrt durch alle 100 Schleusen des 180 km langen Kanales einen Gesammtwegverlust von mindestens 70 km.

Digitized by Google

6. Abschnitt.

Schiffshebewerke und Trockenförderung von Schiffen.

Ueberwindung hoher Wasserscheiden. Wie bereits erwähnt, ist die Beschaffung und Aufspeicherung des Betriebswassers für höhere Wasserscheiden übersetzende Schleusenkanäle bei grossen Kanalabmessungen und einem voraussichtlich bedeutenden Verkehre schwierig, oft unmöglich, immer aber durch die Nothwendigkeit der Anlage grosser künstlicher Wasserbecken äusserst kostspielig.

Hierzu kommen die bei solchen Kanälen entfallenden bedeutenden Zeitverluste durch Schleusungen. Diese Schleusenaufenthalte sind besonders dann fühlbar, wenn sich der Verkehr nicht in gleichmässigem Ausmasse auf das ganze Betriebsjahr vertheilt, sondern in gewissen Zeiträumen zusammendrängt. Ein derartiges Zusammendrängen des Verkehres wird beispielsweise bei den österreichischen künstlichen Wasserstrassen eintreten, welche im Frühjahre und im Herbste zur Zeit der Getreideausfuhr nach Deutschland und der Kohlenversorgung von Oesterreich, oft unmittelbar vor der Zeit der Eissperre, einen aussergewöhnlichen Verkehr und demzufolge einen übergrossen Wasserverbrauch und nur während der drei Sommermonate einen geringeren und gleichmässigeren Schleusenbetrieb haben werden.

Zur Ueberwindung grösserer Gefällshöhen erscheint es deshalb zweckmässig, die Schiffe nicht durch zahlreiche Schleusenstufen die Wasserscheide ersteigen zu lassen, sondern dieselben in grösserer Höhe, über einzelne, zusammengefasste Gefällspunkte zu heben, wodurch das Gesammtgefälle der zu übersteigenden Wasserscheide an wenigen Stellen vereinigt und eine geringe Stufenzahl mit langen Kanalhaltungen geschaffen werden kann. Dieses wird durch die Schiffshebewerke und Schiffseisenbahnen erreicht. Erstere befördern das Schiff schwimmend in einem Wassertroge, letztere trocken in einem Wagen liegend.

Die Schiffshebewerke heben das in einem mit Wasser gefüllten Eisentroge schwimmende Schiff entweder senkrecht oder auf einer geneigten Ebene ansteigend aus der unteren in die obere Kanalhaltung.

Senkrechte Schiffshebewerke. Das Heben und Senken der Wassertroge mit senkrechten Hebewerken geschieht durch Presskolben, Schwimmer oder Gegengewichte.

Das erste senkrechte Hebewerk wurde 1830 auf dem, die Themse mit dem Severn verbindenden Grand-Western-Kanal angewendet. Es dient zur Senkung kleiner, 10 Tonnen ladender Kähne, bis zu einer Tiefe von

Digitized by Google

14 m. Der Niedergang der hölzernen Kammer erfolgt durch Zuführung eines Wasserübergewichtes von etwa 1000 kg in dieselbe. Die Bewegung wird durch eine einfache Bremsvorrichtung geregelt. Die Dauer einer Fahrt beträgt 3 Minuten.

Presskolbenhebewerke. Bei den Kolbenhebewerken lagern die zu hebenden Wassertröge mit ihrer Mitte auf Presskolben, welche mittels Druckwasser gehoben und gesenkt werden. Das erste derartige Hebewerk wurde in England bei Anderton (Bild 93), zur Verbindung des Trent-Mersey-Kanales mit dem 15,35 m tiefer liegenden Weaverflusse ausgeführt. Dasselbe ist ein Doppelhebewerk, bestehend aus zwei auf Presskolben ruhenden Wassertrögen, welche im Gleichgewichte sind und sich abwechselnd gegenseitig heben und senken. Das zum Senken nothwendige Wasserübergewicht wird der oberen Kanalhaltung entnommen. Dieses Hebewerk arbeitet seit 1875 tadellos und befördert jährlich über 12000 Schiffe von 80—100 Tonnen Tragfähigkeit.

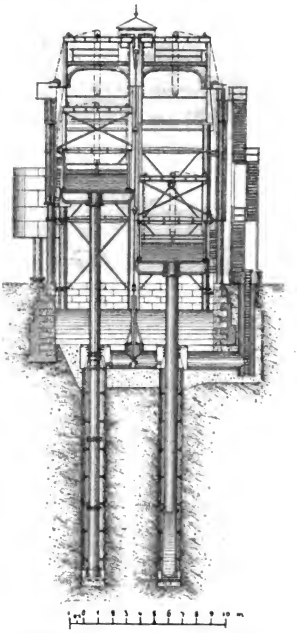


Bild 93. Hebewerk von Anderton.

Nach dem gleichen Systeme wurden Hebewerke 1888 in Nordfrankreich, am Kanale von Neufossé bei Les Fontinettes, mit 13,13 m Hubhöhe für 300 Tonnenschiffe und einer Gesammtlast von 890 t und in Belgien, am Kanal du Centre, bei La Louvière, mit 15,14 m Hubhöhe für 360 Tonnenschiffe und einer Gesammtlast von 1050 t erbaut. Letzteres ist im Bilde 94 dargestellt. Der linksseitige Trog des Doppelhebewerkes ist eben gehoben. Jeder der beiden Tröge ist 43,20 m lang, 5,80 m breit und hat bei 3,15 m Seitenhöhe eine Wassertiefe von 2,40 m. Die gusseisernen Presskolben sind hohl, 19,45 m lang und haben einen äusseren Durchmesser von 2 m. Dieselben werden von in Brunnenschächten befindlichem Druckwasser gehoben. Bild 95 zeigt den gehobenen Presskolben und ein gleichzeitig im rechtsseitigen Trog einfahrendes Schiff.

Die Anlagekosten der senkrechten Presskolbenwerke sind den technischen Ausführungsschwierigkeiten entsprechend sehr hohe. Insbesondere ist die

Digitized by Google

Fundirung auch auf gutem Baugrunde schwierig. Die Herstellung der Brunnenschächte sowie eine zuverlässige Parallelführung erfordern grosse Sorgfalt und die Materialbeanspruchungen der Presscylinder und Kolben sind bedeutend.

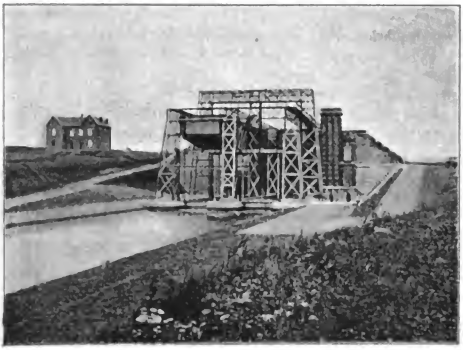


Bild 94. Hebewerk bei La Louvière.

Schwimmerhebewerke. Zur Hebung grösserer Lasten als 1000 Tonnen sind deshalb die Presskolben nicht mehr geeignet und werden hierzu die

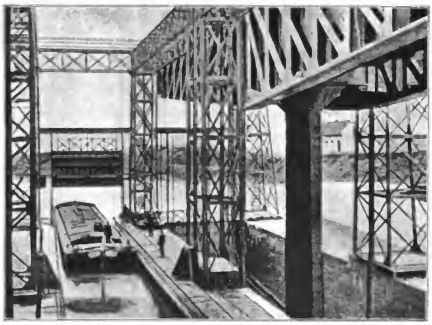


Bild 95. Innere Ansicht des Hebewerkes bei La Louvière.

Schwimmerhebewerke verwendet, bei welchen die Wassertröge auf mehreren hohlen Schwimmern ruhen, die in senkrechten Brunnenschächten auf- und abbewegt werden.

Digitized by Google

Das Schwimmerhebewerk beruht auf der Grundlage des Auftriebes eines im Wasser eingetauchten Körpers. Die Wirkungsweise der Schwimmer erläutert Bild 96. In I. hält der Auftrieb des im Wasser getauchten Schwimmers A den Trog B im Gleichgewichte, weil das Gewicht des mit Wasser gefüllten Troges gleich gross ist, ob ein Schiff darinnen ist oder nicht, nachdem das Gewicht des vom Schiffskörper verdrängten Wassers immer gleich dem Gewichte der Schiffslast ist. Vergrössert man demnach die Troglast B durch Einlassen von Wasser, so senkt sich die Vorrichtung, vermindert man dieselbe durch Ablassen von Wasser, so geht die Vorrichtung durch den Auftrieb der Schwimmer aufwärts.

Um diese Bewegung regeln zu können, ist der mit dem Schwimmer A verbundene, ringsum geschlossene Cylinder C innen hohl und nur durch ein Ventil D mit dem im Schachte befindlichen Wasser W in Verbindung. Je nachdem dieses Ventil geöffnet wird, kann man die Bewegung beschleunigen oder verzögern, bei vollständigem Schliessen aber die Vorrichtung gänzlich zum Stillstande bringen. Damit die Auf- und Abwärtsbewegung gleichmässig sei, ist neben dem Cylinder eine Spindelsteuerung E angebracht, auf welcher sich ein Muttergewinde mit Schneckenrad F bewegt. Mit dem Gewinde ist durch ein Gelenk der Hebel G mit einem festen Drehpunkte H am Cylinder verbunden. Am Hebel hängt das Ventil D. Bewegt sich das Schneckenrad auf der Spindel, wie dies die punktirte Linie zeigt, abwärts, so öffnet sich das Ventil für den Zufluss. In den hohlen Cylinder tritt Wasser ein, wodurch sich der Auftrieb der Schwimmer vermindert und die Vorrichtung senkt. Wird durch den Hebel das Ventil in der Tieflage II für den Ausfluss des Wassers in den Schacht geöffnet, so wird der Cylinder wieder leer, der Schwimmer A bekommt Auftriebskraft und die Vorrichtung hebt sich.

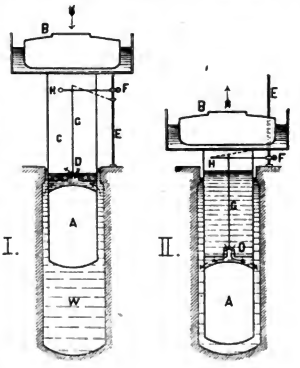


Bild 96.

Ein derartiges Schwimmerhebewerk wurde 1899 in Deutschland, am Dortmund-Ems-Kanal bei Henrichenburg in 16 m Hubhöhe für 600 Tonnenschleppe fertiggestellt. Bild 97 zeigt den Längen- und den Querschnitt desselben. Bild 98 giebt die Ansicht von der unteren Kanalhaltung aus, im Augenblicke der Niederfahrt eines Schiffes.

Die mit dem Traggerüste 3100 Tonnen schweren Wassertröge, bestehen aus einem, auf einem Eisengerüst ruhenden Schiffstrog von 70 m Länge, 8,6 m Breite und 2,5 m Wassertiefe und ruhen auf fünf, in mit Wasser gefüllten Brunnenschächten von 34,5 m Tiefe und 9,2 m Durchmesser eintauchenden hohlen Schwimmern A, B, C, D, E.

Digitized by Google

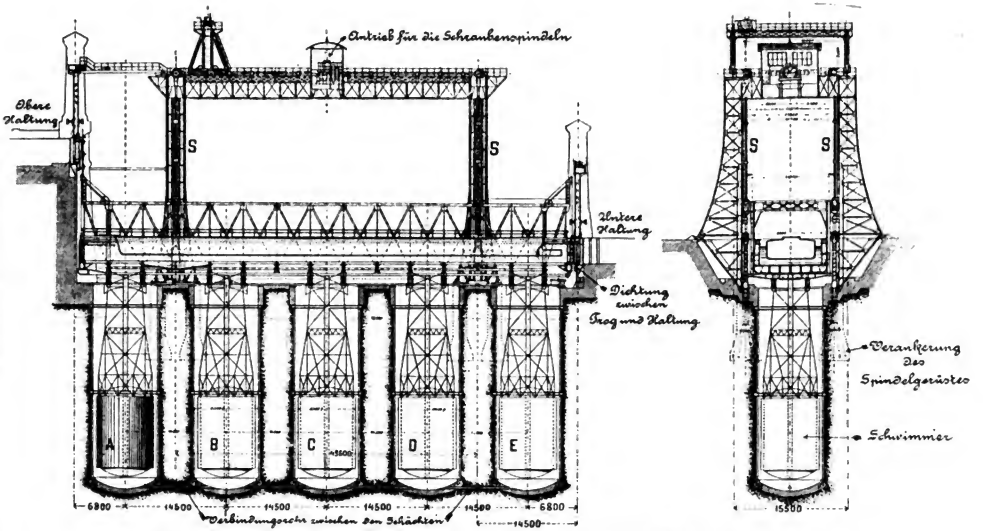


Bild 97 Längenschnitt und Querschnitt des Hebewerkes am Dortmund-Ems-Kanal bei Henrichenburg.

Digitized by Google

Jeder 13 m hohe Schwimmer hat bei einem Durchmesser von 8,3 m eine Auftriebskraft von 620 Tonnen, daher der Auftrieb aller fünf Schwimmer zusammen genau gleich dem Gesammtgewichte der zu hebenden Vorrichtung mit dem im Wassertroge schwimmenden Schleppe ist. Damit herrscht während des Hubes in jeder Stellung der Vorrichtung Gleichgewicht und wird durch eine geringe Wasserzugabe in der höchsten Stellung eines Troges, ein Niedergehen, und durch ein geringes Ablassen von Wasser ein Hinaufgehen des Troges veranlasst.

Bild 98. Schiffshebewerk bei Henrichenburg.

Um die Hebung des Troges vollkommen senkrecht bewerkstelligen zu können, sind an demselben vier Schraubenmuttern angebracht, welche von vier starken Spindeln S, von je 24,6 m Länge geführt werden. Diese Schraubenspindeln haben gleichzeitig gegebenen Falles eintretende Gleichgewichtsstörungen während des Hubes zu regeln, weshalb sie oben und unten derart stark gelagert und verankert sind, dass sie selbst im Falle eines Bruches am Hebe-

Digitized by Google

werk oder den Schwimmern die ganze Last des Troges aufnehmen und halten können, wodurch der Betrieb unter allen Umständen gesichert erscheint.

Die zum Antrieb der Spindeln, zum Oeffnen und Schliessen der Trogabflüsse, der Thore der oberen und unteren Kammerschleuse, sowie zum Betriebe der Pumpen und endlich zum Verholen der Schiffe in und aus dem Trog nothwendige Kraft liefern Dynamos von 220 HP.

Trotz der vollendeten technischen Einrichtungen sind beim Hebewerke von Henrichenburg doch schon Betriebsstörungen eingetreten, weshalb man, sowie aus Rücksicht auf gesteigerte Verkehrsanforderung, neben demselben noch eine Schleusentreppe herstellt.

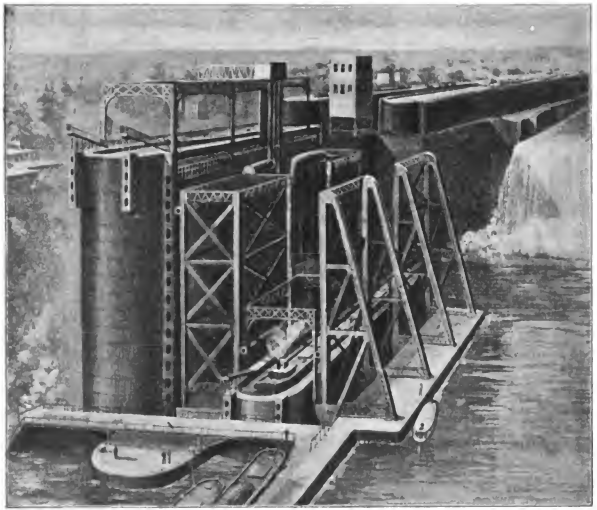


Bild 99. Das bei Cohoes am Eriekanal geplante pneumatische Hebewerk mit 43·89 m Hubhöhe.

Gewichtshebewerke. Diese Hebewerke sind so gedacht, dass die Trogschleuse an vielen Seilen aufgehängt ist, welche über Rollen zu das Troggewicht ausgleichenden Gegengewichten geführt werden. In dieser Weise kann jedoch nur ein Troggewicht ausgeglichen, daher ein Doppelhebewerk nicht ausgeführt werden.

In einem von Haniel und Lueg vorgelegten Entwurf zur Hebung von 600 Tonnenschiffen auf 25 m Höhe erhält jedes Seil ein Gegengewicht von 21 t und sind im Ganzen 80 Gegengewichte angebracht. Nachdem das Seil-

Digitized by Google

eigengewicht je nach der Höhenlage der Gegengewichte verschieden ist, zu Beginn des Hubes als Widerstand, gegen Ende mit den Gegengewichten treibend wirkt, so wurde eine entsprechende Seilausgleichung, ähnlich wie bei den Fördermaschinen, in Aussicht genommen. Als Sicherheitsvorrichtungen sollen Schraubenführungen dienen. Bis nun wurde ein derartiges Hebewerk nicht ausgeführt.

Ein grosses Hebewerk, bei welchem der Auftrieb mittels Luftdruck geschehen soll, wurde in neuester Zeit in Amerika als Gegenprojekt zu einer Kuppelschleusentreppe bei dem in Aussicht genommenen Umbau des Erie-Kanales geplant. Dasselbe soll zur Hebung von Schiffen mit 500 Tonnen Nutzlast dienen und 43,89 m Hubhöhe erhalten. (Bild 99.)

Mit der zu überwindenden Gefällshöhe wachsen die Schwierigkeiten der technischen Ausführung der senkrechten Hebewerke, weil die Herstellung der tiefen Brunnenschächte und der langen Führungsspindeln, schon in Rücksicht auf die ausserordentlichen Baukosten, nur bis zu einer gewissen Grenze möglich ist, so dass die Ueberschreitung der bei Henrichenburg angewandten Hubhöhe von 16 m wohl nur noch in einem geringen Ausmasse möglich sein wird. Man nimmt die Ausführungsmöglichkeit der Schwimmerhebewerke im Allgemeinen bis zu einer Hubhöhe von höchstens 30 m an, vorausgesetzt, dass die Bodengestaltung und der Untergrund den Bau einer solchen schweren lothrechten Anlage überhaupt zulassen.

Geneigte Schiffshebewerke. Längsbahnen. Ein grösseres Gesammtgefälle mittels eines senkrechten Schiffshebewerkes zu übersteigen, erscheint demnach unthunlich, und es müssten beispielsweise zur Ueberwindung einer Höhe von etwa 80 m, um der Anforderung auf die Herstellung weniger Staustufen und langer Haltungen zu entsprechen, bei Anwendung von Kammerschleusen eine Schleusentreppe von 8 übereinander liegenden Schleusen von je 10 m Gefälle geschaffen, oder aber zumindest 3 übereinander liegende senkrechte Hebewerke errichtet werden. Abgesehen vom Wasserverbrauche und dem Zeitverluste, würde der Betrieb auf der Schleusentreppe mit ihren vielen ineinandergreifenden maschinellen Anlagen, Thorflügeln, Wasserwechseln kaum ein übereinstimmender sein, während die Anlage von 3 senkrechten Hebewerken in keinem Verhältnisse stehende Baukosten verursachen würde.*)

In Fällen grösserer Hubhöhen wird man deshalb von den senkrecht wirkenden Hebewerken absehen und auf die geneigten übergehen, welche entweder als Längsbahnen oder als Querbahnen angelegt werden.

Die erste Anlage zur Beförderung eines schwimmenden Schiffes über eine geneigte Ebene erfolgte 1850 auf dem Monkland-Kanal in Schottland bei Glasgow. Die Schiffe werden dort in 21,3 m langen, 4,36 m breiten Trögen mit 0,65 m Wassertiefe über eine zweigeleisige Ebene mit

*) Greve hat zur Ueberwindung grösserer Gefällsstufen statt Schleusentreppen eine sehr lange Schleuse mit ansteigender, geneigter Sohle vorgeschlagen, bei welcher das untere Thor als Stauwagen ausgebildet ist, der mit Ketten hinaufgezogen wird und dabei das Wasser mit dem darin schwimmenden Schiffe aufstauend vor sich schiebt. Das Oberhaupt der Schleusenkammer ist beweglich eingerichtet.

Digitized by Google

einer Neigung von 1 : 10 auf eine Gefällshöhe von 29,3 m gebracht Die Schleusentröge ruhen auf einem Wagen, welcher auf 10 Achsen mit 20 Rädern läuft. Parallel mit dieser Anlage liegt eine Treppe mit Doppelschleusen, in denen die Schiffe im beladenen Zustande geschleust werden, während sie auf der Seilbahn zumeist ohne Ladung zurückfahren. Beide Anlagen befördern im Jahre mehr als 12 000 Schiffe von je 75 Tonnen Tragfähigkeit.

Dieser Anlage folgte die in ihrer Bauart etwas abweichende Dodgeschleuse in Nordamerika (Bild 100), welche die Schiffahrt zwischen dem Chesapeake-Ohio-Kanal und dem Flusse Potomac, mit einer Neigung von 1 : 12 und einem Höhenunterschied von 11,6 m, für Schiffe bis 130 Tonnen Tragfähigkeit vermittelt. Die Schiffe haben 1,50 m Tauchtiefe, 4,40 m Breite und 27,5 m Länge und werden von wagerecht ruhenden, 2,40 m hohen, 5,10 m breiten und 34 m langen fahrbaren Kammern aufgenommen, welche

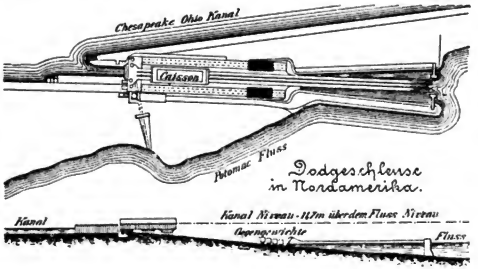


Bild 100.

auf je drei mit je 12 Rädern versehenen Untergestellen ruhen. Die Kammerwagen sind mit Gegengewichtswagen verbunden und werden durch eine kleine Antriebsmaschine aufgezogen oder hinuntergelassen.

In jüngster Zeit wurde endlich in Japan eine geneigte Ebene beim Kanal von Kioto-Fu geschaffen. Dieser Kanal führt zu dem 1280 qkm grossen und 84 m über dem Meeresspiegel liegenden Biwasee. Die Länge des Kanals ist nur 11 km. Sein Hauptzweck ist die Gewinnung grösserer Wasserkräfte, doch dient derselbe auch dem Verkehr mit kleinen Booten. Er führt durch einen Tunnel und hat eine geneigte Ebene von 550 m Länge mit einem Gesammtgefälle von 35 m eingeschaltet.

Geplante Längsbahnen. Für Schiffe von grösserer Tragfähigkeit wurde 1884 von dem französischen Ingenieur Peslin ein Projekt für eine geneigte Ebene zur Verbindung der Maas mit der Schelde ausgearbeitet, nach welchem ein Schiff von 300 Tonnen mittels einer Seilebene von 1 : 20 Neigung über eine Gefällsstufe von 51,2 m gezogen werden sollte. Das hierbei zu bewegende Gewicht des gefüllten Wassertroges hätte 700 Tonnen betragen,

Digitized by Google

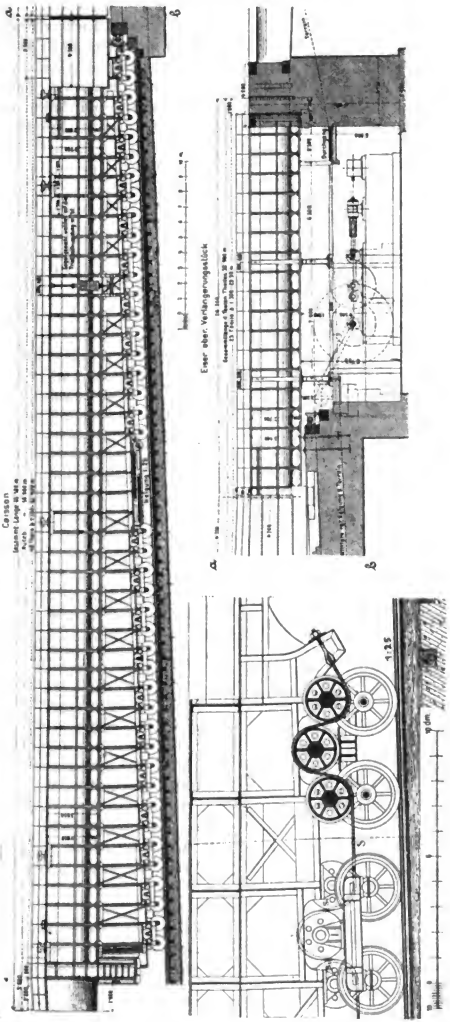


Bild 101. Trogwagen von Peslin.

Digitized by Google

welche Last derart vertheilt war, dass der Trog, in fünf Theile zerlegt, fünf Eisenbahnwagen entsprochen hätte. Die fünf Trogtheile wären durch Kautschukstreifen entsprechend verbunden gewesen und hätten sich während ihres Aufzuges mittels eines am untersten Trogwagen befestigten Drahtseiles durch ihre Schwerkraft auf der geneigten Ebene aneinander pressen und abdichten sollen.

Eine Längsbahn für 300 Tonnenschiffe wurde ferner in Frankreich für den Marne-Saône-Kanal in Aussicht genommen. Die bezüglichen Pläne lieferte Creusot und Barret. Ihnen liegt ein Hub von 20,5 m auf je zwei Ebenen von 1 : 12 Neigung zu Grunde. Die Troggewichte ruhen auf jeder Seite auf 28 Achsen mit je 2 Laufrädern von 0,90 m Durchmesser. Der Aufzug geschieht durch Gewichtsausgleichung beider Tröge. Die Fahrbahn besteht aus 4 Stahlschienen von 48 kg Gewicht für den laufenden Meter mit Geleisbreiten von 1,10 m, welche mittels hölzerner Längs- und Querschwellen auf gemauerter Grundlage gebettet sind.

Einen grösseren, in allen Einzelheiten ausgearbeiteten Bauentwurf lieferte Peslin für den Donau-Oderkanal als Längsbahn mit einer Neigung von 1:25 für 700 Tonnenschiffe und einem Gesammttroggewichte von 1680 t. Dieses Hebewerk hätte in der Weise wirken sollen, dass, während ein Trog niedergegangen, der andere aufgestiegen wäre, daher eine gegenseitige Gewichtsausgleichung stattgefunden hätte. Der Antrieb wäre durch eine am höchsten Punkte gelegene Dampfmaschine mittels um Seiltrommeln gehender Drahtseile geschehen.

Der Trogwagen (Bild 101) ist auf jeder Seite auf 21 zweiachsige Wagengestelle mit je 4 Laufrädern, also im Ganzen auf 168 Räder und ebensoviele Zapfen gelagert. Die Druckvertheilung erfolgt mittels auf jedem Wagengestell aufgestellter Seilrollen, über welche Drahtseile S gespannt sind, welche durch die den Trog tragenden Druckrollen belastet werden. Nachdem diese Druckvertheilung zufolge der Seilsteifigkeit und Rollenreibung unmöglich gleichmässig auf die ganze Troglänge wirken kann, wurde von Riedler eine Druckausgleichung mittels hydraulischer Presskolben in der Weise vorgeschlagen, dass über je zwei Wagengestelle ein hydraulischer Presscylinder angebracht wird, welche unter sich die Gesammtlast gleichmässig vertheilen. (Bild 102.)

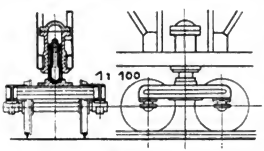


Bild 102.

Zum Ausgleich der verschieden wirkenden Seilgewichte war ein kleiner Gegengewichtswagen geplant, welcher auf der Ebene während der halben Förderung niedergleiten und das Seilgewicht und die Massenträgheit hätte überwinden sollen, und welcher in der zweiten Hälfte der Förderung wieder aufgezogen worden wäre. An die oberen und unteren Kanalhaltungen hätte der Trog mittels hydraulischer Presskolben angepresst werden sollen. Die Verschlussthore des Wassertroges waren am Boden umklappbar gedacht.

Nachtheil der Längsbahnen. Der Nachtheil der Beförderung eines grossen Schiffes der Länge nach in schwimmender Lage liegt darin, dass durch die im Troge während des Zuges eintretenden Wasserschwankungen, starke

Digitized by Google

Wellen entstehen, welche die Trogwände übersteigen, das Schiff gefährden und hierdurch den Betrieb stören und unsicher machen würden.

Dies dürfte auch Peslin dazu bewogen haben, bei seinem Entwurfe eine nur geringe Neigung anzunehmen. Bei jeder Neigung jedoch, und selbst bei einer ganz wagerechten Bahn würden aber bei der Längsbeförderung eines 70 m langen Wassertroges schon beim Ingangsetzen desselben sowie bei jedem Anhalten und jeder Geschwindigkeitsveränderung nicht zu besänftigende schädliche Wasserschwankungen auftreten.

Längsgleitbahn von Haniel-Lueg und deren Betrieb. Dieser Nachtheil haftet selbst dem von der Maschinenfabrik Haniel und Lueg in Düsseldorf für den Donau-Moldau-Kanal ausgearbeiteten Plane einer Längsbeförderung an, trotzdem bei diesem eine Gleitbahn vorgeschlagen war, welche einen ruhigen und gleichmässigen Zug ermöglicht hätte.

Die von Haniel-Lueg geplante Bahn für 600 Tonnenschiffe hatte eine Neigung von 1 : 8. Sie war als doppelte Gleitbahn mit zwei Trogschleusen

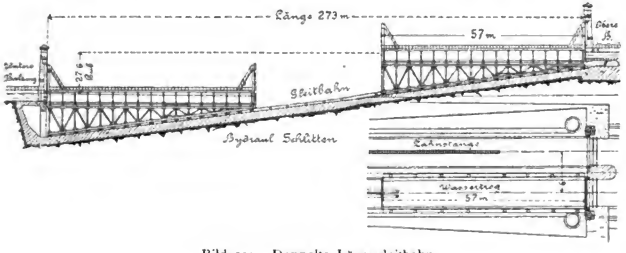


Bild 103. Doppelte Längsgleitbahn.

auf Doppelgeleisen in 13,5 m Entfernung, mit gegenseitiger Gewichtsausgleichung der beiden Trogschleusen für 100 m Hubhöhe und als einfache Gleitbahn mit einer Trogschleuse und Gegengewichten für 50 m Hubhöhe ausgearbeitet. Die gesammte zu bewegende Last hätte 2250 Tonnen betragen.

Um die allgemeine Anordnung und die Wirkungsweise einer solchen Längsbahn zu verstehen, ist im Bilde 103 der von derselben Maschinenfabrik ausgearbeitete Bauentwurf zur Beförderung von 400 Tonnenschiffen auf der geplanten Kanalverbindung von Wismar an der Ostsee mit der Elbe durch den Schweriner See, dargestellt.

Der Schweriner See liegt 38 m höher als die Ostsee, von diesem Gefälle sind 27,6 m bei Wismar vereinigt, welche von einer Gleitbahn von 273 m Länge überwunden werden sollen. Dieselbe gründet sich auf die früher besprochenen Vorschläge. Die zwei Trogwagen sind mit einander durch Seile verbunden, welche am oberen Ende der geneigten Ebene über Rollen geführt werden. Dadurch wird bewirkt, dass, wenn ein Trog die Ebene heraufährt, der andere Trog hinuntergeht, die Lasten sich daher gegenseitig ausgleichen

Digitized by Google

und nur die Bewegungswiderstände der Trogwagen zu überwinden sind. Jeder Schleusentrog ist ein viereckiger, eiserner Kasten von 57 m Länge, 6,6 m Breite, 2,2 m Wassertiefe und an beiden Enden durch umklappbare Thore absperrbar. Bild 104 zeigt den Querschnitt durch den Trog und die Gleitbahn nebst einem Gleitschuh.

Der Trog ist auf einem eisernen dreieckigen Gestell, dessen untere Form sich der Neigung der Ebene anschliesst, derart auf Rollen gelagert, dass er auf diesem mittels zweier hydraulischer Cylinder um eine Länge von je 2 m nach vor- und rückwärts verschoben werden kann, wodurch beim Anschluss des Troges an die Haltungen der Trogwasserspiegel mit den stets etwas wechselnden Wasserstandshöhen der Haltungen jederzeit in gleiche Höhe gebracht werden kann. Diese Verschiebung des Troges ermöglicht es gleichzeitig den an seinen äusseren Rändern mit Gummiwulsten versehenen Trog an die Abschlusshaltungen des Kanales wasserdicht anzupressen, wodurch nach Umklappung der Trog- und der Haltungsthore die Verbindung des Wassers im Trog mit jenem der Kanalhaltung hergestellt wird.

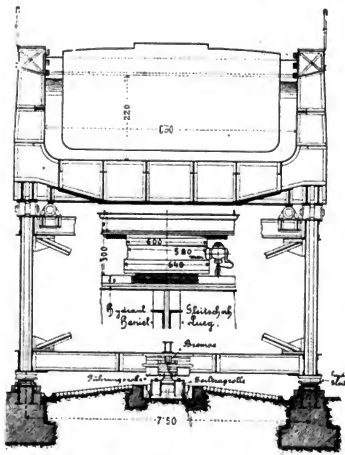


Bild 104.

Wenn ein Schleusentrog vor der unteren Haltung liegt, befindet sich der zweite vor der oberen, wodurch an jeder Haltung gleichzeitig ein Schiffswechsel stattfinden kann. Während desselben stehen die Troggestelle auf zwei Reihen von je 8 ringförmigen, eisernen Stempeln auf den Schienen der Gleitbahn, in welchem Falle die Reibung dieser Eisenstempel auf der Bahn so gross ist, dass ein Rutschen des Troggestelles auf derselben nicht eintreten kann. In gleicher Weise kann das Troggestell an jeder anderen Stelle der Gleitbahn der geneigten Ebene auf den eisernen Stützpunkten in sichere Ruhelage gebracht werden.

Will man den Trog wieder in Bewegung bringen, so wird Wasser zwischen die Gleitstempel und die Gleitbahn gepresst, wodurch die Reibungswiderstände der eisernen Stützpunkte aufgehoben werden. Dieses wird dadurch bewirkt, dass in die, die ringförmigen, oben und unten offenen Stempel umhüllenden Cylinder Presswasser getrieben wird, wobei sich gleichzeitig ein schmaler Dichtungsring abdichtend gegen die Gleitbahn presst. Sobald also Pressflüssigkeit in die Cylinder eingelassen wird und diese

Digitized by Google

von der Bahn abgehoben werden, schwimmt die ganze Last auf Wassersäulen, wodurch die Widerstände, welche sich der gleitenden Bewegung des Troges entgegenstellen, äusserst gering werden und die gesammte Troglast von 1250 Tonnen gleichmässig auf die Bahn vertheilt wird. Um das Presswasser bei Frost ungefrierbar zu machen, erhält dasselbe einen Zusatz von Glycerin.

Die Höhenlage des Troges auf den hydraulischen Stempeln wird durch selbstwirkende Regulirventile erhalten. Diese Ventile schliessen sich, sobald der Trog bis 10 mm von der Bahn abgehoben ist und öffnen sich wieder selbstthätig, falls durch Entweichen von Druckflüssigkeit ein Heruntersinken stattfinden sollte. Ebenso fliesst bei starkem Dehnen oder Reissen eines Verbindungsdrahtseiles Presswasser selbstthätig aus den Gleitstempeln, wodurch der Trog sofort zum Stehen gebracht werden kann. Die Pressflüssigkeit für die hydraulischen Stempel, für die Abdichtungsvorrichtung des Troges gegen die Haltung und für die Aufklappung der Trogthore liefern die auf dem Troggerüste angebrachten Druckpumpen.

Die Befestigung der aus Stahldrähten viereckig geschlagenen Verbindungsseile geschieht am Untergestell des Troges mittels hydraulischer Kolben, wodurch dieselben gleiche Spannung erhalten.

Der Betrieb auf einer solchen Bahn geschieht wie folgt:

Aus den hydraulischen Stempeln des an die Haltung herangebrachten Troggestelles wird die Pressflüssigkeit abgelassen, wodurch sich dasselbe auf den Stempeln festsetzt. Nunmehr wird der Trog auf dem Gestelle über die kleinen Walzrollen gegen die Haltung geschoben, an die Abschlussmauer derselben wasserdicht angepresst und die Klappthore von Trog und Haltung geöffnet. Das Trogthor kuppelt sich dabei selbstthätig an das Haltungsthor, wodurch sich beide zu gleicher Zeit öffnen oder schliessen. Nun wird das Schiff aus dem Troge ausgefahren und ein anderes eingefahren. Nach Vertauung desselben werden die Thore geschlossen und der Trog in seine ursprüngliche Lage auf demGestell zurückgezogen. Hierauf wird Druckwasser in die hydraulischen Stempel eingelassen, wodurch sich das Troggestell von der Bahn abhebt und nun auf der Pressflüssigkeit zur Abgleitung bereit liegt. Um die bewegende Kraft zur Abgleitung zu erhalten, wird der Wasserstand im Troge durch Wasserzulass aus der oberen Haltung um 0,30 m erhöht, welche Menge genügt, um sowohl die Reibungswiderstände des abgleitenden, als auch jene des von diesem aufzuziehenden Trogwagens zu überwinden. An der unteren Haltung wird der Trog wieder so angefahren, dass der Ueberschuss an Wasser in die untere Haltung abfliesst, wodurch das ursprüngliche Troggewicht wieder hergestellt ist.

Alle Handhabungen an den Haltungen, sowie das Aus- und Einfahren der Schiffe sollen nur 20 Minuten in Anspruch nehmen, so dass bei einer Fahrgeschwindigkeit von 0,20 m in der Sekunde innerhalb zwei Stunden drei Schiffe über die geneigte Ebene gebracht werden können. Die Anlagekosten dieses Hebewerkes wurden auf rund $1^1/_2$ Millionen Kronen beziffert.

Geneigte Querbahnen. Die bisher beschriebenen Zugsanlagen auf geneigten Ebenen beziehen sich auf schwimmende Schiffe, welche in ihrer Längenrichtung gezogen werden. Ein zur Bahnrichtung senkrecht auf

Digitized by Google

den Geleisen liegender Wassertrogzug wurde zuerst von Flammant für eine Hubhöhe von 30 m mit der grossen Steigung von 1 : 5 zur Förderung von Schiffen mit 300 Tonnen auf einer 45 m breiten Doppelquerbahn mit 1,00 m Spurweite entworfen. Fast gleichzeitig verfasste Höch eine geneigte Ebene jedoch mit nur 1 : 8 Steigung für die Verbindung des geplanten Mittel-

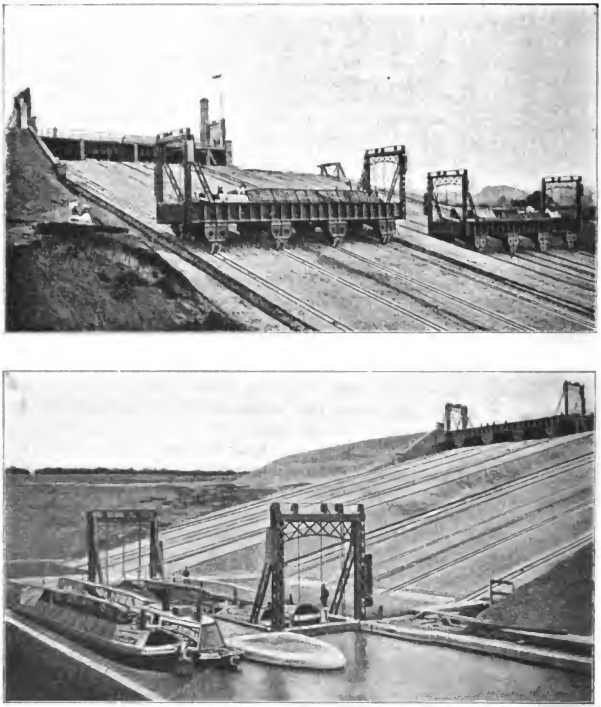


Bild 105. Querbahn am Junction-Kanal in Foxton.

landkanals mit der Weser. Beide Ausarbeitungen unterscheiden sich wesentlich dadurch, dass Flammant gleichzeitig zwei Tröge, den einen zu Berg, den andern zu Thal befördert, während Höch den zweiten Trog durch Ballastwagen, welche zwischen dem auffahrenden Trogwagen durchfahren, ersetzt.

Digitized by Google

Querbahn am Junction-Kanal. Am Junction-Kanale in Foxton wurde 1900 eine Schleusentreppe von 10 Schleusen mit einem Gesammtgefälle von 22,87 m durch eine Wassertrogförderung auf geneigter Querbahn ersetzt und haben die damit bisher erzielten Betriebserfolge den gehegten Erwartungen entsprochen. (Bild 105.)

Diese Hebevorrichtung besteht aus zwei mit einander verbundenen und sich gegenseitig ausgleichenden Wassertrögen von 24,40 m Länge, 4,57 m Breite und 1,52 m Wandhöhe, welche 2 Kanalboote von 33 Tonnen oder eines von 70 Tonnen Tragfähigkeit in einer Wassertiefe von 1,20 m aufnehmen. Die Tröge sind an ihren Stirnseiten mit aufziehbaren Thoren versehen und ruhen auf einem, auf acht Paar Rädern gelagerten Traggerüst. Die Räder laufen auf vier Doppelgeleisen. Der Aufzug erfolgt durch Stahldrahtseile von 178 mm Umfang, welche über, neben der Kanaloberhaltung gelagerte grosse Trommeln, die von einer senkrechtstehenden Zweicylinder-Maschine angetrieben werden, laufen.

Bei der Benutzung der Schleusentreppe waren früher für ein 70 Tonnenboot im Aufstieg und im Abstieg je 255 cbm, bei dem täglichen Verkehr von neun Booten in jeder Richtung daher 4590 cbm Betriebswasser erforderlich. Die Wassermenge, welche bei Anwendung der Hebevorrichtung nothwendig wird, besteht dagegen nur in dem Wasserverluste an den Trogthoren, welcher mit dem zu jedem Abstiege dem oberen Troge zufliessendem Wasserübergewichte 8,92 cbm, für 48 Hebungen somit 428 cbm Wasser, also den zehnten Theil des für die Kammerschleusen benöthigten Betriebswassers beträgt. Für das Durchfahren der Schleusentreppen war eine Zeit von 1 Stunde 30 Minuten nothwendig und konnten erfahrungsgemäss während eines Betriebstages von 12 Stunden nicht mehr als 12 Boote in jeder Richtung, zusammen daher 24 Boote, geschleust werden. Mit der Hebevorrichtung genügen 12 Minuten zur Beförderung von je zwei Booten, welcher Zeitraum für das Einfahren der Schiffe in die Tröge, das Oeffnen und Schliessen der Abschlussthore und das Ausfahren der Schiffe aus den Trögen erforderlich ist. Es können somit während eines zwölfstündigen Tagesbetriebes 80 bis 90 Boote oder nahezu 6000 Tonnen Nutzlast befördert werden. Die täglichen Betriebskosten dieser Hebevorrichtung sollen sich auf 30 Kronen stellen, so dass bei einer Tagesleistung von 6000 Tonnen auf jede Tonne eine Belastung von $^1/_2$ Heller entfallen würde.

Vor- und Nachtheil der Querbahnen. Der Vortheil der Querbeförderung gegenüber der Längsbahn liegt darin, dass bei ersterer die Wasserschwankungen im Troge nur wenig fühlbar sind. Wenn jedoch die Beförderung eines Wassertroges auf einer Querbahn in kleineren Abmessungen auch unschwer ausführbar ist, so ergiebt sich bei der Querbeförderung von grossen Schiffen der Nachtheil, dass die Parallelführung der hierzu nothwendigen langen Wassertröge äusserst schwierig ist. Ein 600 Tonnenschlepp erfordert schon eine Troglänge von 70 m und muss demnach auch die Querbahn zumindest die gleiche Breite mit einer Reihe parallel laufender Geleise erhalten. Eine derart breite Anlage vollkommen eben auszuführen, ist aber ausserordentlich schwierig. Trotz sorgfältigster Anlage der Geleise kann es eintreten, dass auf den

Digitized by Google

äussersten Geleisen grössere Widerstände als auf den inneren auftreten, wodurch der Quertrog auf einer äusseren Seite zurückbleiben und bei demselben Formveränderungen eintreten können.

Geplante Querbahn für den Donau-Moldau-Kanal. Die bei der Querbeförderung auftretenden baulichen Schwierigkeiten haben die böhmischen Maschinenfabriken in einem Projekte zu lösen gesucht, welches sie auf Grund einer Preisausschreibung des Donau-Moldau-Elbe-Kanal-Comités ausgearbeitet haben.

Die von ihnen entworfene Querbahn mit einer Steigung von 1 : 5 und für eine Hubhöhe von 100 m ist im Bilde 106 gezeichnet.

Die Parallelführung des auf 4 Schienen gehenden Trogwagens erfolgt durch wagerechte Leitrollen an den Seitenflächen der Zahnstange, welche in der Bahnmitte liegt. Alle Antriebs- und Bremskräfte wirken daher in der Mitte

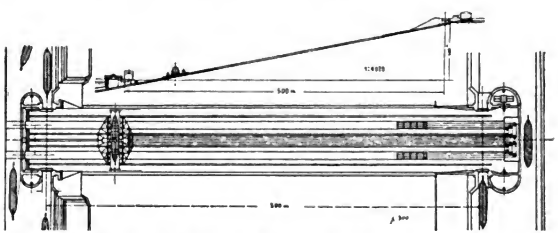


Bild 106. Einfache Querbahn mit Gegengewichtswagen.

des Troggerüstes, und einseitig auftretende Kräfte, welche dasselbe verziehen würden, werden durch diese Parallelführung unwirksam gemacht.

Die Druckvertheilung des Gesammtgewichtes von 2160 Tonnen erfolgt durch den Trog tragende senkrechte Stützjoche auf Wälzungsrollen (Bild 107), welche sich auf der Laufschiene abwälzen und untereinander mit einer endlosen starken Gelenkskette, die über Führungsscheiben läuft, verbunden sind.

Die zur Gleichgewichtsausgleichung dienenden Gegengewichte bestehen aus 6 unabhängig von einander an Drahtseilen hängenden und auf eigenen Schienen abrollenden Gruppen von Wagen, deren jede 360 Tonnen wiegt. Zur Antriebskraft ist Dampf- oder Turbinenbetrieb vorgesehen. In ähnlicher Weise wurde von den vereinigten Fabriken auch ein Doppelhebewerk vorgeschlagen, bei welchem die zwei Troggewichte sich gegenseitig ausgleichen.

Schleusungszeit bei geneigten Hebewerken. Die Betriebsleistung auf geneigten Hebewerken mit einer Hubhöhe von 80 m wird im Allgemeinen wie folgt angegeben:

Digitized by Google

Einfahrt des Schiffes in den Trog	5′
Schliessen der Kanal-Thore, sowie der Trogthore und Auslassen des Trogwassers	1′
Fahrt an der 1 : 25 geneigten Ebene mit einer mittleren Geschwindigkeit von 1 m in der Sekunde	34′
Einstellen der Wagen zum Wasserspiegel in den Kanalhaltungen	2′
Abdichtung, Wassereinlassen in die Zwischenräume zwischen den beiden Thoren am Kanal und Trog, Oeffnen aller Thore	2′
Ausfahrt des Schiffes aus dem Trog	4′
Für Unvorhergesehenes	2′
Zusammen	50 Min.

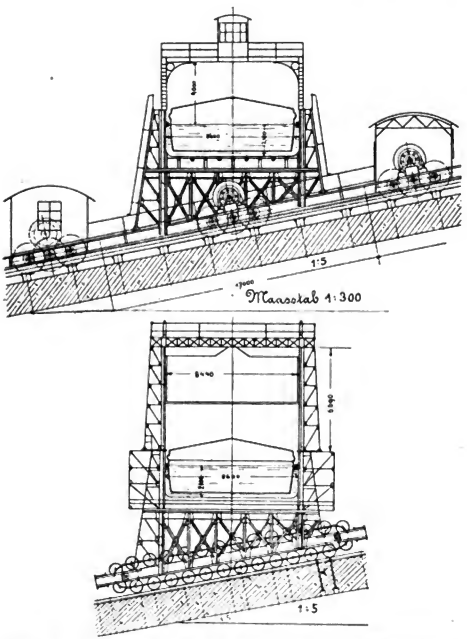


Bild 107. Querschnitt durch den Motorenantrieb und Wagenmitte.

Dabei wurden, weil je ein Trog auf- und einer abgegangen ist, in zwe Trögen zwei Schiffe um 80 m gehoben und gesenkt und haben bei jedem Meter Hub einen Weg von 25 m, insgesammt daher rund 2000 m, zurückgelegt.

Digitized by Google

Schiffseisenbahn. Trockenlagerung der Schiffe. Während bei der Längsbahn die Wasserschwankungen im Troge den wunden Punkt bilden, sind bei der Querbahn die Herstellung und Fundirung der breiten ebenen Bahn und die Schaffung eines auf die ganze Breitseite gleichmässig wirkenden Zuges bedenkliche Umstände. Beide Schwierigkeiten fallen bei der trockenen Förderung eines Schiffes über ein geneigtes Bodengefälle weg, welche durch die Schiffseisenbahn ermöglicht wird.

Bei der Trockenlagerung von Schiffen ist es vor allem wichtig, die gegenwärtigen Bauarten der Kanal- und Flussschiffe zu untersuchen:

Wenn auch besonders stark gebaute, durch Längs- und Querverbindungen versteifte, eiserne Schiffskörper im beladenen Zustande auf eine starre Unterlage gestellt werden können, ohne dass sie dadurch schädliche Formveränderungen erleiden, ist es dennoch mit Rücksicht auf die verschiedenen in der Binnenschiffahrt vorkommenden Schiffsformen jedes Baualters nothwendig, deren Trockenlagerung so auszuführen, dass dieselben keinen stärkeren Angriffsmomenten als in schwimmendem Zustande ausgesetzt sind.

Eigens konstruirte Fahrzeuge jedoch zu dem Zwecke zu schaffen, damit sie trocken auch auf starrer Unterlage befördert werden können, ist schon deshalb undurchführbar, weil dadurch das Eigengewicht derselben zu gross ausfallen würde und in der Flussschiffahrt gerade das gegentheilige Bestreben, die Schleppe so leicht als nur möglich zu bauen, um ein geringes Eigengewicht bei grosser Ladefähigkeit zu erhalten, vorhanden sein muss. Denn die Binnenschiffahrt ist nur dann lohnend, wenn sie Fahrzeuge mit dem geringsten Leertiefgang hat, weil sie in diesem Falle auch die bei Niederwasser sich ergebenden geringen Fahrtiefen noch nutzbringend verwerthen kann.

Es ist daher auch die von Fachmännern gestellte Forderung, für die Trockenförderung auf starrer Unterlage eigene Schlepptypen zu bauen, eine ganz unrichtige und schon aus betriebswirthschaftlichen Gründen undurchführbar, ganz abgesehen davon, dass man doch unmöglich einer besonderen technischen Lösung zu Liebe werthvolles vorhandenes Schiffsmaterial ausser Betrieb setzen wird. Es muss vielmehr umgekehrt die Trockenförderung den bestehenden Schleppformen angepasst werden und die Trockenbettung derart erfolgen, dass in derselben alle bestehenden Eisen- und Holzschiffe, ob stärker oder schwächer gebaut, ob durchgeschlagen, ob mit rundem oder mit ebenem Boden, in allen ihren Querschnitten so unterstützt werden, dass einzelne Bautheile derselben keine zu grosse Beanspruchung erleiden.

Beanspruchung der Schiffe. Auf festen Querträgern ruhende Bauwerke mit hohen Borden, Deckversteifungen und Längsverbindungen, sind die in der Binnenschiffahrt seltener vorkommenden Schiffsformen, während die überwiegend grosse Anzahl der Binnenfahrzeuge, um bei Niederwasser eine grosse Ladeausnützung zuzulassen, sehr leicht gebaut sind. Die im Abschnitte 9 beschriebenen Längsdurchbiegungen, welche bei älteren Kähnen oft bis 40 cm betragen, sind eben die Folge dieser leichten Bauweise.

Bellingrath giebt über die Kräfte, welche einen gewöhnlichen Elbekahn im leeren oder beladenen Zustande durchbiegen, folgende bildliche Darstellung. (Bild 108.)

Digitized by Google

Die Ordinaten oberhalb der Linie bezeichnen die den zugehörigen Schiffstheil treffende Belastung, die Ordinaten unter der Linie den Auftrieb des Wassers. Obwohl Gesammtauftrieb und Gesammtlast, also die Flächen über und unter der Linie, einander gleich sein müssen, sind sie doch in Bezug auf einen bestimmten Punkt in der Längsachse des Schiffes verschieden. Der Unterschied der oberen und unteren Drucke ergiebt die Momente, welchen die Festigkeit des Schiffes Widerstand leisten muss. Wenn das leichtgebaute Binnenfahrzeug im schwimmenden Zustande, bei jeder Beladung und Entladung, seiner Längsachse nach auch verschiedene Beanspruchungen erleidet, so können seine Bautheile dieselben deshalb vertragen, weil alle Angriffsmomente stosslos und ganz allmählig erfolgen und nicht auf einzelne Stellen des Körpers plötzlich einwirken.

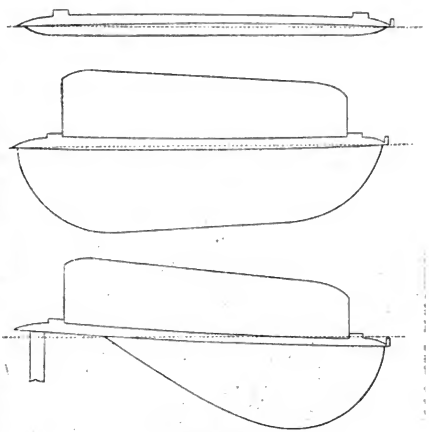


Bild 108.

Aus diesem Grunde darf auch ein Schiffskörper aus seiner schwimmenden Lage nie unvermittelt an einer gewissen Rumpfstelle, beispielsweise mit seinem Buge, auf eine starre Unterlage gesetzt, sondern er muss aus seiner Schwimmlage langsam nach und nach auf eine nachgiebige elastische Trockenbettung, in möglichst wagerechter Längslage, gehoben werden. Bellingrath weist hierauf in klaren Worten hin und stellt die Forderung, „dass die Fahrzeuge stets in horizontaler Lage aus und in das Wasser gebracht werden müssen. Denn wenn die Längsdurchbiegungen nicht wie bei Beladung im Wasser allmählig, sondern rasch und stossweise eintreten, wie dies beim Niedersetzen auf eine starre Unterlage erfolgen müsste, so würden sich die Körperverbände bald lockern und das Schiff untauglich werden."

Die Hebung eines Schiffskörpers aus dem Wasser muss deshalb derart geschehen, dass die Trockenlagerung in dem Verhältnisse erfolge, wie sich der Auftrieb des Schiffes vermindert. Geschieht dieses nicht, so wird der Auftrieb auf der einen Seite geringer und erzeugt dadurch einen bedeutenden Gegendruck in dem Punkte, wo das Fahrzeug die starre Unterlage berührt, und es wächst der Auftrieb auf der anderen, tiefer eintauchenden Seite, so

Digitized by Google

dass eine Verschiebung der Kräfte entsteht, unter welcher sich das Schiff schliesslich schädlich biegen muss, wie dieses die unterste Darstellung am Bilde 108 veranschaulicht.

Nichtbeladene Schiffskörper können dagegen, wenn wagerecht auf starre Stützpunkte aufgelagert, ganz bedeutenden Beanspruchungen ausgesetzt werden. So erleidet beispielsweise ein Eisenschlepp nie eine Formänderung, wenn er mittels eines Schwimmdockes aus dem Wasser gehoben und, auf den wenigen hölzernen Stützpunkten desselben liegend, ausgebessert wird. In dieser Weise konnten Eisenschleppe bei entsprechender Vorsicht auch schon halbbeladen gedockt werden. (Bild 109.) Ein Eisenschlepp hat übrigens grosse Erschütterungen und ungleichmässige Beanspruchungen dann zu er-

Bild 109. Schwimmdock mit gedocktem Eisenschlepp

tragen, wenn er im beladenen Zustande gesunken und nun mit an 6 oder 8 Seiten untergezogenen Ketten durch Hebeschrauben emporgehoben wird. Wenn er in diesem Falle keine schädlichen Durchbiegungen erfährt, so findet dieses darin seinen Grund, dass er in ganz wagerechter Lage nach und nach von den Ketten gehoben und nach Massgabe seiner Hebung gleichzeitig entladen wird.

Die ungünstigsten Körperbeanspruchungen treten bei Dockung eines grösseren Dampfers mit flachem Boden ein, weil auf letzterem die Last sehr ungleichmässig vertheilt ist, da die Schiffslängenmitte die ganze Kessel- und Maschinenanlage zu tragen hat, während der Bug- und Achtertheil nicht belastet sind. (Bild 110.)

Digitized by Google

Schwieriger ist die Dockung eines Holzfahrzeuges, welche nur unbeladen geschehen kann und wobei die Seiten- und Bodentheile des Rumpfes sehr sorgfältig mit Streben und Holzkeilen unterstützt werden müssen, da sonst Formveränderungen leicht auftreten können. (Bild 111.)

Diese Beispiele starker Beanspruchungsmöglichkeiten sind aber keinesfalls dafür massgebend, dass alle die verschiedenartigen hölzernen und eisernen Bauformen auf starren Wagentafeln gelagert werden können, insbesondere aber nicht für den Fall, wenn es sich gleichzeitig um die Beförderung grosser Schleppe bis 600 t Nutzlast handelt.

Bild 110. Dampfer im Schwimmdock.

Bestehende und geplante Schiffseisenbahnen. Die bisher ausgeführten Schiffseisenbahnen dürfen auch keineswegs als Beispiel dienen, weil sich dieselben nur auf den Trockenzug besonders gebauter Schiffskörper oder ganz kleiner Fahrzeuge beziehen.

Die ursprünglichste Art der Trockenförderung von Schiffen zeigen die noch heute in Holland bestehenden Rollbrücken, auf welchen kleine Kähne über eine schlüpfrige Bohlenbahn hinaufgezogen werden. (Bild 112.) Die erste Schiffseisenbahn entstand am Morriskanal in Nordamerika, wo 23 auf Seilebenen gehende zweigeleisige Bahnen mit je 10 bis 30 m Hubhöhe angelegt wurden, deren Wagen in das Unterwasser eintauchen und Schiffe von 60 t Tragfähigkeit aufnehmen und trocken emporziehen. Berg- und Thalfahrt gehen gleichzeitig vor sich und die Gewichte der zu befördernden Schiffe werden gegenseitig nahezu ausgeglichen. In die oberste,

Digitized by Google

mit einer Kammerschleuse abgeschlossene Haltung wird trocken eingefahren, hierauf das Schleusenthor geschlossen und das Schiff flott gemacht. Bild 113

Bild 111. Dockung eines Holzschiffes.

zeigt die Längenansicht dieses Trockenwagens mit einem darinliegenden Schiffe.

In Deutschland wurde 1860 am Elbing-Oberländischen Kanal,

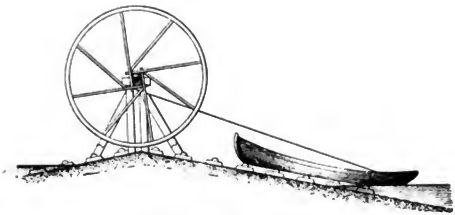


Bild 112. Rollbrücke.

welcher den Pinausee mit dem Draussensee verbindet, eine Seilebene über einen Scheitel geführt. Die zu überwindenden Höhenunterschiede reichen

Digitized by Google

bis 25 m. Die Steigung ist in den oberen Bahntheilen 1 : 12, in den unteren 1 : 24. Die zu befördernde Gesammtlast beträgt sammt dem Schiff mit 50 t Tragfähigkeit 84 t. Das Schiff wird mit seiner Längsachse in der Richtung eines Geleises liegend gezogen. Die Queransicht des Wagens zeigt Bild 114.

In Neuschottland wird eine Schleppbahn von 27 km Länge mit geringer Steigung für eine Trockenförderung von Seeschiffen bis 2000 t mit nachgiebiger Auflagerung desselben auf zahlreichen hydraulischen Kolben geplant. Ferner soll bei Cigneto in Kanada eine Schiffseisenbahn ausgeführt

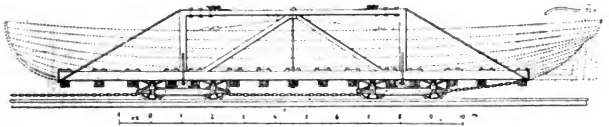


Bild 113. Trockenwagen am Morris-Kanal.

werden und endlich liegen verschiedene Pläne von grossen Schiffseisenbahnen vor, wie beispielsweise jene längs der unvollendeten Linie des Panamakanals, oder für die zweite Linie über diese Landenge, den geplanten Tehuantepec-Kanal, wozu Eads den im Bilde 115 dargestellten Trockenwagen vorschlägt. In letzter Zeit soll für den Berlin-Stettiner Kanal Roeder einen Entwurf zur Ueberfahrung der Scheitelhöhe ausgearbeitet haben.

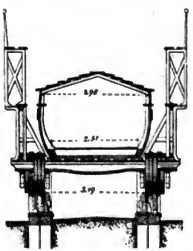


Bild 114. Trockenwagen am Oberländischen Kanal.

Trockenförderung der Schiffe mittels Hängevorrichtung. Eine für alle Bauformen entsprechende Trockenförderung muss demnach nach den bisherigen Ausführungen vor Allem der Bedingung entsprechen, dass jeder Schlepp aus seiner schwimmenden Lage von der darunter gestellten Lagerung derart aufgenommen wird, dass die Bautheile des Rumpfes sowohl der Länge, als auch den Querschnitten nach möglichst so unterstützt werden, wie dies im Wasser geschieht. Ist derselbe in dieser Lage trocken gebettet, so muss er in seiner Bettung unbeweglich und wagerecht solange verbleiben, bis er sich wieder in gleicher Lage von der Bettung schwimmend abheben kann.

Diesen Bedingungen entspricht nun folgende Schiffseisenbahn, welche in allen ihren Theilen eine einfache und sichere Vorrichtung darstellt:

Die Bettung des Schiffes geschieht auf aus Hanftauen gebildeten Gurtenbändern, welche sich, indem sich der Schiffskörper in dieselben aus seiner schwimmenden Lage nach und nach einbettet, dem Schiffsrumpfe stetig anschmiegen und diesen solange aufgehängt erhalten, bis er wieder in gleicher Lage schwimmend gemacht wird. Der zur Aufnahme der Gurtenbänder be-

Digitized by Google

stimmte Wagen (Bild 116) ist an beiden Enden offen und hat eine geringere Länge als der zu befördernde längste Schlepp, nachdem der Bug und Achter der Schleppe, weil sie nicht zur Aufnahme von Ladung bestimmt sind, sondern nur die Wohnräume enthalten, sich freitragen können. Die zwei Enden der fortlaufenden Gurtenbänder l und l_1 sind am Wagen fest angebracht, während die einzelnen Gurten durch über die Rollen r und s gehende Ausgleichsketten k in der in A oben schematisch dargestellten Weise miteinander verbunden

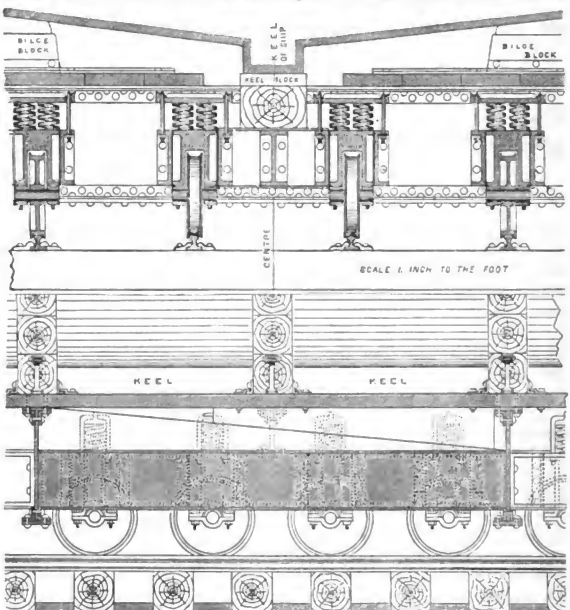


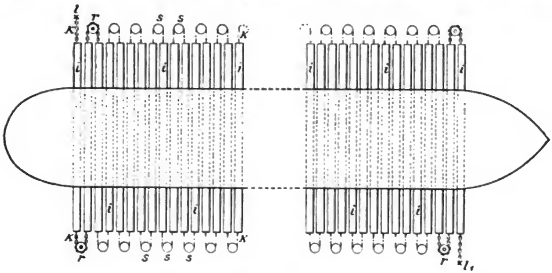
Bild 115. Schiffseisenbahn von Eads.

sind. Die Seitenansicht eines Wagentheils mit den darin hängenden Gurten, Ausgleichsketten und Rollen zeigt B, während C den Querschnitt des Wagens darstellt. Der an beiden Enden offene Wagenkörper besteht aus den zwei senkrechten Seitentheilen b und wird mittels der Räderpaare c auf den Geleisen d geführt. Das Gewicht des Wagenkörpers vertheilt sich entweder mittels starker Federn oder mittels Presskolben auf die Radachsen. Am oberen Ende der Seitentheile sind auf parallel zur Längsachse des Wagens laufende Achsen e die Wellen f drehbar angebracht, während die Dreh-

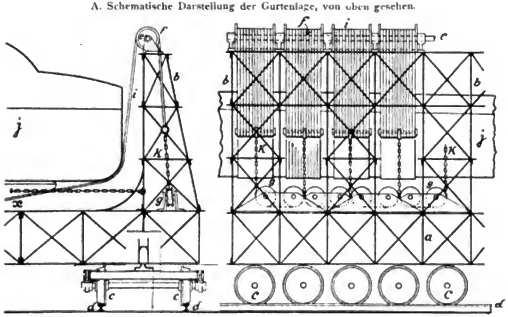
Digitized by Google

achsen der an dem unteren Ende der Wagentheile angeordneten Rollen g quer zur Wagenachse gerichtet sind.

Ueber die oberen Wellen sind die Gurtenbänder i schnürbandartig gezogen und deren zwei Enden an den äussersten Kanten der Wagentafel befestigt, während ihre in den Wagen hängenden Theile die Bettung für den Schlepp j bilden. Die Gurtenbänder können sich dadurch, dass sie sich durch die über die Rollen g gehenden Ausgleichsketten K gegenseitig



A. Schematische Darstellung der Gurtenlage, von oben gesehen.



C. Querschnitt durch die Wagenhälfte. B. Seitenansicht eines Wagentheiles.

Bild 116. Einfacher Wagen mit Hängevorrichtung.

anziehen, in selbstthätiger Art den Formen des Schiffsrumpfes anschmiegen, so dass der Auflagedruck in genügend gleichmässiger Weise über alle Spantentheile vertheilt wird. X stellt einen hölzernen Kiel vor, welcher zur festen Unterstützung der mittleren Querschnittstheile des Schiffsrumpfes auf die Gurtenbänder gelegt wird.

Rundseil. Das für die Gurtenbänder erforderliche Hanfseil ist ein jüngst im Schiffahrtsbetriebe eingeführtes Tau mit kreisförmigem Querschnitte,

Digitized by Google

welches die doppelte Bruchfestigkeit als die sonst nach dem Trossen- oder Kabelschlag geschlagenen Litzenseile von gleichem Durchmesser besitzt, dabei wesentlich elastischer, ausserordentlich biegsam, sowie gegen jede achsiale Verdrehung unempfindlich ist. Dieses Rundseil (Patent Kirsch) ist im Bilde 117 dargestellt. Dasselbe besteht nicht wie alle übrigen Hanftaue aus einzelnen Litzen, sondern ist aus kreisförmigen Schichten von spiralförmig liegenden Garnen gebildet, wobei die Garne jeder Schichte mit Bezug auf die Nachbarschichte nach entgegengesetzter Richtung ansteigen. Um dem Seile eine feste, widerstandsfähige Hülle zu geben, sind die beiden äussersten Schichten nach einem eigenartigen Verfahren miteinander verflochten. Damit nun die Garne der verschiedenen Schichten gleich stark beansprucht werden, muss die Garnlänge in allen Schichten die gleiche sein. Dies ist aber nur dann der Fall, wenn der Steigungswinkel der Garne in allen Schichten derselbe ist. In den beiden äussersten, als Schutzhülle dienenden Schichten liegen nun die Garne unter dem gleichen Steigungswinkel wie in den inneren Schichten, weshalb auch diese bezüglich der Tragfähigkeit voll in Rechnung zu ziehen sind.

Bild 117. Rundseil.

Ausser der bedeutend grösseren Zugsfestigkeit der Rundseile gegenüber Litzenseilen von gleichem tragenden Querschnitt und ihrer grossen Biegsamkeit und Elastizität, besitzen sie noch den Vortheil, dass, wenn die äussersten Schichten abgenutzt werden, das feste Gefüge der inneren Schichten nicht im geringsten beeinträchtigt wird, während bei Litzenseilen jede äussere Abnützung sofort einen verhältnissmässig grossen Theil des Seilquerschnittes unwirksam macht. Die Verwendungsdauer der Rundseile ist demnach bedeutend grösser, als jene der gewöhnlichen Hanftaue.

Die Herstellung der Gurtenbänder für die Trockenförderung erfordert lange Seile von gleichem Querschnitte. Nachdem die Rundseile auf fortlaufend arbeitenden Seilmaschinen gemacht werden, können sie beliebige Längen erhalten.

Wirkungsweise der Hängevorrichtung. Um mit dem Trockenwagen ein Schiff zu fördern, wird derselbe auf einer geneigten Ebene unter Wasser gefahren, das schwimmende Schiff sodann in den Wagen eingeführt und an auf den oberen Wagenseitentheilen angebrachten Büffeln (Boller) verheftet, worauf der Wagen längs der geneigten Geleise aus der strandartigen Kanalhaltung aufgezogen wird. Wenn die erste Gruppe der Gurtenbänder (Bild 118) g_1 und g_2 vom Gewichte des Schiffes belastet wird, ziehen sich alle folgenden Gurtenbänder bis zu den letzten Gurtengruppen g_9 und g_{10}, weil zwischen denselben und der Aussenhaut des Schiffskörpers noch keine Reibung besteht, bis an den Schiffsboden hinauf, und schmiegen sich gleichzeitig an alle Querschnitte desselben, sowie an die Kimmungen und Seitenwände des Rumpfes fest an. In dem Masse als der Wagen ausser Wasser gezogen wird, wird die Belastung auf die nun in einer wagerechten Flucht liegenden Gurtenbänder

Digitized by Google

allmählig stärker, wobei die Reibung zwischen der Aussenhaut des Rumpfes und der Gurten zunimmt und endlich so stark wird, dass eine weitere gegenseitige Verschiebung der einzelnen Gurtenbänder nicht mehr möglich ist und das Schiff schliesslich fest gebettet liegt.

Es ist klar, dass die Beförderung mit diesem einfachen Wagen nur innerhalb geringer bis etwa 2 pCt. gehender Bahnsteigungen möglich ist, weil bei grösseren Steigungen die Gurten sich zu stark verschieben würden und diese Verschiebung nur innerhalb der Längen der Ausgleichsketten zulässig ist. Um grössere Bahnsteigungen von über 2 pCt. zu überwinden, müsste das Wagengestell die im Bilde unten dargestellte Form erhalten. In diesem Falle ist aber an der oberen Haltung entweder eine leere Kammerschleuse nothwendig, in welche der Wagen mit Schiff eingefahren, hinter ihm das Schleusenthor geschlossen, die Kammer gefüllt und das Schiff wieder schwimmend gemacht wird, oder aber es muss der Wagen länger und trogartig gestaltet werden, in welchem Falle dieser an die obere Haltung angepresst,

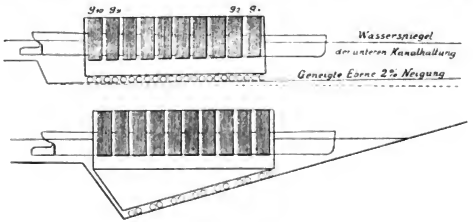


Bild 118.

dessen rückwärtige Wand geschlossen und nun in den Trog solange Wasser eingelassen wird, bis das Schiff flott ist.

In letzterer Art haben die böhmischen Maschinenfabriken eine Trockenförderung oder, wie Ludwik sie nennt, eine Nass-Trockenförderung vorgeschlagen. Bild 119 zeigt die Anordnung dieses von Schönbach ausgearbeiteten neuen Entwurfes für die Hebewerke des Donau-Moldau-Kanales. Während der Auffahrt ist die Trogkammer ohne Wasser und das Schiff liegt trocken. Wird die Kammer an die obere Haltung angeschlossen, so wird das am unteren Ende befindliche Thor geschlossen, das vordere Abschluss- und das Haltungsthor geöffnet und so lange Wasser in die Kammer gelassen, bis sich das Schiff abgehoben hat und ausfahren kann, worauf ein zu Thal gehendes einfährt. Der Trog besitzt einen Doppelboden, der in seiner Decke Oeffnungen hat, durch welche das Wasser gleichmässig zu- oder abfliesst, wodurch sich das Schiff, so wie in einer Schleusenkammer, ganz allmählig vom Boden abheben oder auf demselben aufliegen kann.

Das beim Anschluss an die obere Haltung eingelassene Wasser wird vor Beginn der Thalfahrt aus der Trogkammer in ein, unter der Haltung befindliches Reservoir ausgelassen, aus welchem es, während der Wagen zu Thal geht, wieder in die Haltung zurückgepumpt wird. Die Abdichtung der

Digitized by Google

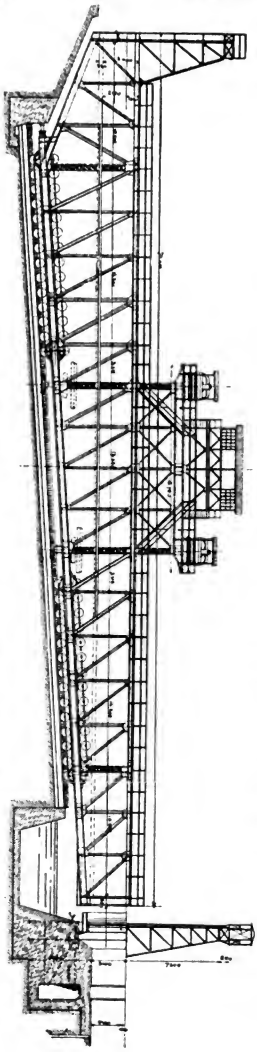


Bild 119. Längswagen zur Nass-Trockenförderung der böhmischen Maschinenfabriken.

Trogkammer gegen die obere Haltung geschieht automatisch mittelst federnder Lederstulpen.

In die untere Haltung wird unter Wasser eingefahren. Nachdem schon während der Thalfahrt das Trogthor geöffnet wurde, strömt das Wasser durch die offenen Stirnseiten in den Trog und macht das Schiff flott.

Erfordernisse einer Schiffseisenbahn. Die Abschlusskammer der oberen Haltung, der Anschluss an dieselbe und der trogartige Bau des Wagens gestalten jedoch diese Art der Trockenförderung nicht genügend einfach.

Die Trockenförderung ist nur in dem Falle gegenüber allen bestehenden Beförderungsarten zur Ueberwindung von Höhenunterschieden im Vortheil, wenn sie als vollkommene Schiffseisenbahn in der Weise ausgestaltet wird, dass der Wagen aus einer strandartigen unteren Kanalhaltung die Höhe auf zwei Geleisen mittels Uebergangsbogen von grossem Halbmesser, von mindestens 2000 m, ersteigt und von da auf einem Gefälle abwärts wieder in eine strandartig gestaltete obere Kanalhaltung einfährt. Hierdurch kann die Bahn dem Bodengefälle innerhalb gewisser Steigungsgrenzen folgen und in senkrechten und wagerechten Krümmungsbögen, ähnlich wie eine Eisenbahnlinie geführt werden und die Wasserscheide überwinden, wodurch ein Schiff unmittelbar aus einem Flussthale in ein anderes mit diesem zu verbindendes Flussthal befördert werden kann. Es ist selbstverständlich, dass bei dieser Linienführung (Bild 120) gewisse Strecken, beispielsweise a bis b, auch vortheilhaft als lange Kanalhaltungen anzulegen sind.

Zweitheiliger Wagen für grössere Bahnsteigungen. Um aber das vorhandene Bodengefälle vortheilhaft ausnützen zu können, wird die Anlage einer Schiffseisenbahn unter Umständen

Digitized by Google

grössere Bahnsteigungen als 2 pCt. erfordern und nachdem das im Wagen gebettete Schiff immer in wagerechter Lage mit dem Horizonte erhalten werden muss, das Schiff aber in der Gurtenbettung nicht bewegt werden darf, so muss für grössere Steigungen, etwa bis 5 pCt., der Wagen so gebaut werden,

Bild 120. Schematische Trace einer Schiffseisenbahn.

dass seine oberen, die Aufhängungsvorrichtung tragenden Ränder entsprechend den verschiedenen Steigungen stets in wagerechte Lage gebracht werden können. Dieser Anforderung entspricht der im Bilde 121 dargestellte zweitheilige Wagen. Derselbe gestattet dadurch, dass der, die Aufhängegurten

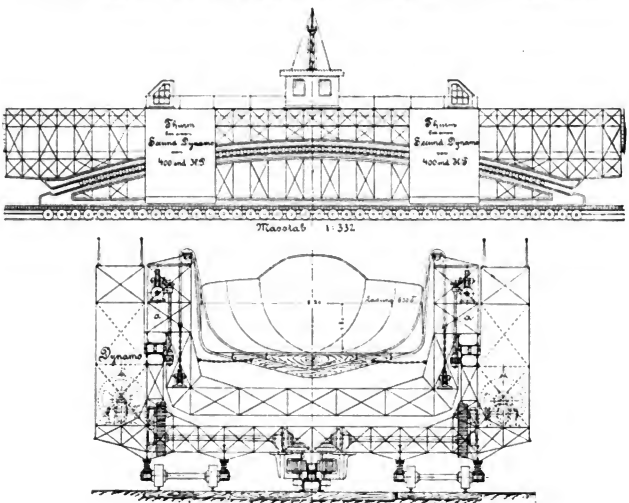


Bild 121. Zweitheiliger Wagen mit Hängevorrichtung.

tragende obere Wagentheil auf den unteren, kreisförmig gestalteten Wagentheil in beiden Längsrichtungen verschwenkt werden kann, dem Schiffe sowohl bei der Einbettung, als auch bei allen senkrechten Krümmungsbögen und bei der Ausfahrt aus der Bettung immer eine wagerechte Lage geben zu können.

Der untere zapfenartige Wagentheil trägt die ganze Last und lagert auf

Digitized by Google

Presskolben oder Federn. Im Bilde ist Federlagerung vorgesehen; wenn Presskolbenlagerung angewendet wird, so ruhen diese auf vierrädrigen Achsgestellen und stehen mit einander in Verbindung, so dass bei Ueberwindung senkrechter Krümmungsbögen von 2000 m Radius ein gegenseitiger Ausgleich der Belastung aller Achsen und Räder stattfindet.

Der die Gurtenaufhängung und das darin hängende Schiff tragende obere Wagentheil ruht, ähnlich wie eine Rollbahn, auf den Wellen oder Kugellagern des unteren Wagentheiles und kann mittels der Verschwenkungsvorrichtung a nach vorne oder rückwärts soweit geschoben werden, als es die grösste Steigungsgrenze der Bahn erfordert. Diese Vorrichtung besteht aus einer am unteren Wagen angebrachten Zahnstange, in welche das am oberen Wagen gelagerte Vorgelege eingreift. Das Vorgelege wird von einem kleinen Elektromotor angetrieben.

Antrieb und Betriebssicherheit des Wagens mit Hängevorrichtung. Der Antrieb dieses, sowie des im Bilde 116 dargestellten einfachen Wagens geschieht mittels Zahnräder, welche in wagerechter Lage in eine zwischen den beiden Geleisen festgelagerte Zahnstange eingreifen. Die Zahnstange bildet gleichzeitig die Führung des Wagens durch die verschiedenen sich ergebenden wagerechten Krümmungen der Bahntrace. Die Zahnräder werden von Elektromotoren angetrieben.

Die Wasserpresscylinder ausgenommen, stellen alle Theile des Wagens einfache Maschinen vor. Die Gurtenseile unterliegen, weil sie immer gleichmässig beansprucht werden, einem nur geringen Verschleisse, können übrigens gegebenen Falles, sowie die Ausgleichrollen, einzeln ausgewechselt werden.

Die Dynamos zum Wagenantrieb werden entweder ausser Wasser an den Wagenenden oder wie beim Bilde 121 in wasserdicht abgeschlossenen Thürmen angebracht. Der kleine Elektromotor zum Antrieb der endlosen Schraube beim zweitheiligen Wagen steht in der Mitte der oberen Wagenränder. Die Achslager müssen, weil sie unter Wasser kommen, entsprechend abgedichtet werden und erhalten Ringschmierung.

Es ist selbstverständlich, dass der Wagen aus Rücksichten der Betriebssicherheit auch die nothwendigen Bremsvorrichtungen erhalten muss, welche es ermöglichen, denselben auf jedem Punkte der Schiffseisenbahn sofort zum Stillstande bringen zu können. Uebrigens bilden schon die während der Thalfahrt als Dynamomaschinen arbeitenden Motore sehr kräftig wirkende Bremsen, so dass noch andere vorhandene Bremseinrichtungen nur in aussergewöhnlichen Fällen zur Anwendung kommen werden.

Senkrechte Bahnkrümmungen. Die schwierigste Frage der Schiffseisenbahn bildet die Führung des Wagens über die senkrechten Bahnkrümmungen, weil sich bei der Durchfahrung derselben die senkrechten Abstände des unteren starren Wagenrahmens von der Geleiseoberfläche ändern.

Diese Abhebung muss daher derart erfolgen, dass die Gesammtvertheilung der Last auf allen Achsen und Rädern gleichmässig geschehe. Die in der Mitte der vierräderigen Achsgestelle auflagernden Presskolben, welche sich in den, sie umhüllenden, mit Wasser und Glycerin gefüllten Presscylindern

Digitized by Google

bewegen, stehen zwar mit einander durch eine Rohrleitung in Verbindung, so dass die verschiedenen Belastungen durch die Pressflüssigkeit gleichmässig auf alle Achsen übertragen werden, jedoch kann es bei ungleichem Gewichte der beiden Wagenhälften vorkommen, dass die äussersten Presscylinder überstark belastet werden, wodurch einzelne Presskolben einen Tiefstand einnehmen und nicht mehr auf die Pressflüssigkeit, sondern auf die Lager aufzuliegen kommen. Wenn diese stark genug gebaut werden, so ist dieses von keinem Belang und kann die Abhebung der überlasteten Kolben mittels Einpumpen sofort wieder bewerkstelligt werden. In diesem Falle werden aber wieder alle Presskolben überlastet. Um übrigens eine Auflagerung der Presskolben auf das Metall hintanzuhalten, könnte die Pressflüssigkeit auch in der Wagenlängenmitte abgeschlossen werden, wodurch dann die ganze hydraulische Pressvorrichtung in zwei Theile getheilt sein würde.

Nachdem die Handhabung der Pressvorrichtung und deren Bedienung doch eine ziemliche Aufmerksamkeit erfordert und einen heiklen Bestandtheil darstellt, erscheint es deshalb vortheilhafter, die Wagenachsen in entsprechend gebaute Federlagerungen zu betten, was, weil die grösste Abhebung bei Ueberfahrung senkrechter Krümmungen bei 2000 m Radius nicht mehr als 0,13 m beträgt, und der Radius bei geringeren Steigungen auch entsprechend grösser gewählt werden kann, wohl durchführbar sein dürfte.

Anwendung der neuartigen Trockenförderung. Bei entsprechender Ausgestaltung der Trockenlagerung auf Hanfgurten können alle Bauformen sowohl der Binnen-, als auch der Seeschiffahrt befördert werden.*)

Die oben beschriebene Vorrichtung ist jedoch in erster Linie für die bei der Binnenschiffahrt in Frage kommenden Schleppformen von etwa 200—600 t Tragfähigkeit bestimmt, welche mit derselben ohne Weiteres deshalb befördert werden können, weil deren Schleppkörper bei dieser Trockenförderungsart keinesfalls mehr beansprucht werden, als dieses in schwimmender Lage bei den wechselnden Beladungen und Löschungen geschieht.

Die Weichheit der Bettung des Schleppkörpers wird dadurch erreicht, dass sich unter demselben eine Reihe nebeneinanderliegender, beiderseits aufgehängter Seilgurten ganz allmählig den einzelnen Schlepptheilen anschmiegen und den beladenen Körper schliesslich ganz tragen. Hierdurch wird der Körper der Länge nach möglichst gleichmässig unterstützt und treten Längsbiegungen bei weitem nicht in dem Masse auf, als wenn etwa der Schlepp im Wasser ungleichmässig belastet wird. Selbst alte, der Länge nach durchgebogene Holzschleppe erhalten hierdurch eine ausreichende Unterstützung, weil die Gurten den bestehenden Ausbiegungen nachgeben und eine Ueberlastung auf die Nebengurten übertragen.

Seinen Querschnitten nach erscheint der Schleppkörper ebenso gleichmässig unterstützt, weil die einzelnen Gurten sich auch diesen nach und nach fest anpressen.

Eisenschleppe mit stark gebauten Querträgern, welche die Innenlast

*) Die Trockenlagerung der auf Kiel und wesentlich stärker gebauten Seeschiffe gestattet übrigens eine weniger elastische, daher noch leichtere Ausführung.

Digitized by Google

auch ausser Wasser frei tragen könnten, ferner stark ausgebauchte, abgerundete oder kielförmige Schiffsböden könnten auch unmittelbar in die Gurtenbänder gehängt werden. Um jedoch einerseits die Aussentheile der Schleppe vor Abreibung zu schützen, andererseits die Gurtenbänder durch die bei der Verschiebung auftretenden Reibungswiderstände nicht abzunützen und endlich um die in der Bodenmitte zu schwach gebauten Fahrzeuge fest unterstützen zu können, ist es nothwendig, zwischen den Gurtenbändern und dem Schlepp Holzkiele als Träger einzulegen.

Jeder Kiel hat eine dreieckige Form, dessen obere Fläche, weil Schleppe von 5 bis 8,20 m Breite zur Aufhängung gelangen, 4 m lang ist und eine Pfeilhöhe von etwa 0,50 m hat. Damit die mittleren Querbodentheile der Schiffe weich gebettet werden, erhält die obere Kielfläche eine aus Hanfseilen hergestellte Matratze, während die Kielseiten in einem Stahlschuh liegend gedacht sind, in dessen flachen Rillen die Tragseile der Gurtenbänder laufen. Nachdem die Reibung zwischen der Kielmatratze und der rauhen Schleppaussenhaut stärker als jene zwischen den glatten Stahlrillen und den Tragseilen der Gurtenbänder ist, so wird der Kiel, wenn er vom Schleppboden belastet wird, immer in seine tiefste Lage, also genau in die Mitte jeder Gurtung verschoben werden, wenn er durch irgend einen Umstand eine seitliche Lage eingenommen hätte.

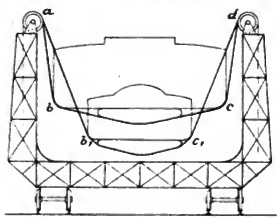


Bild 122.

Die Lage dieser Kielträger sowie die Aufhängungslagen der in Betracht kommenden breitesten und schmälsten Binnenschleppe ist im Bilde 122 schematisch dargestellt. Die Gurtenlänge a b c d bleibt naturgemäss immer dieselbe und ist daher gleich der Länge a b_1 c_1 d. Der schmälere Schlepp wird demnach eine um etwas tiefere Aufhängungslage als der breitere einnehmen. Die am nothwendigsten zu unterstützenden Punkte jeder Bauform sind die Kimmungen b c und b_1 und c_1, sowie der Mitteltheil des Schiffsbodens. Man sieht aus dem Bilde, dass diese Theile vollkommen ausreichend unterstützt sind.

Vortheile der Trockenförderung. Durch die Möglichkeit, beladene Schiffskörper trocken befördern zu können, erscheint die Frage der Ueberwindung grösserer Gefällshöhen vom technischen und wirthschaftlichen Standpunkte aus gelöst.

Es entfallen mit dieser Beförderungsweise sowohl die bei der Querbeförderung eines Wassertroges sich ergebenden Schwierigkeiten, als auch die Erschwernisse der Wasserschwankungen bei der Längsbahn. Ferner beträgt die beim Trockenzuge zu ziehende Last kaum zwei Drittheile jener der Wassertrogbeförderung und kann die elektrische Kraft zum Zuge derselben um so vortheilhafter angewendet werden, weil man während der Thalfahrten Energie erzeugen und diese wieder dem elektrischen gemeinsamen

Digitized by Google

Kraftwerke zuführen kann. Endlich entfallen durch die Trockenförderung alle die zusammengesetzten Vorrichtungen für Gewichtsausgleich, Anschluss an die Kanalhaltungen, Abdichtungen und die sich bei der nassen Hebung ergebenden Wasserverluste. Man wird in bekannter Weise auf Eisenbahngeleisen, etwa mit Zahnstangenbetrieb, auf Goliathschienen sich der Bodengestaltung bis zu Neigungen von 5 % (= 50 ‰) anschmiegend, in entsprechenden wagerechten und senkrechten Krümmungen mit einer Zugsgeschwindigkeit von 3 bis 7 km in der Stunde fahren und alle vernünftigerweise in Betracht zu ziehenden Höhen mit wirthschaftlichen Betriebskosten überwinden können.

Die Vortheile der Trockenförderung gegenüber der Hebung in Wassertrögen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Wegfall der schweren und theueren Wassertroganlage, geringere Last, geringere Zugkraft, einfachere daher billigere Bauart und grosse Unempfindlichkeit gegen Geschwindigkeitsveränderungen.

2. Wegfall der kostspieligen Herstellungsarbeiten für geneigte Ebenen.

3. Zulässigkeit der Ausnützung des vorhandenen Bodengefälles unter Aufeinanderfolge von Steigungen und Neigungen der Bahn bis 5 pCt.

4. Leichtere, einfachere Betriebshandhabung, und grössere Leistungsfähigkeit.

5. Kein Wasserverbrauch.

Leistungsfähigkeit der Schiffseisenbahn. Die Leistungsfähigkeit einer solchen Schiffseisenbahn ist gegenüber den Schleusentreppen oder den bisher bekannten senkrechten oder geneigten Hebewerken eine bedeutend grössere. Durch entsprechende Einschaltung von Schiebebühnen in die Bahntrace kann der Betrieb nach Massgabe des Verkehrs vergrössert, immer aber so eingerichtet werden, dass die anschwimmenden Schiffe, wenn nothwendig, eines nach dem andern befördert werden können, während bei den bisher ausgeführten oder geplanten Hebewerken der Zeitraum, in welchem die Schiffe von den Hebevorrichtungen dem Kanal zugeführt werden, stets von der Dauer abhängt, welche zur Hebung der zwischen zwei Kanalhaltungen eingefügten geneigten Ebene nothwendig ist. Diese Fahrzeiten sind aber sehr verschieden, weil die einzelnen Hebewerke verschiedene Längen haben, daher die Schiffe von ihnen in sehr ungleichen Zeitabschnitten den Haltungen zugeführt werden, wodurch im gesammten Kanalverkehr unliebsame Stauungen eintreten können und die Leistungsfähigkeit des Kanales beeinträchtigt werden kann.

Bei dieser Schiffseisenbahn verursacht die Ein- und Ausfahrt der Schiffe in und aus den Wagen sehr geringe Aufenthalte. Für die Einfahrt des Schiffes aus dem unteren Kanalstrande in den offenen Wagen, sowie für seine Vertauung in demselben, werden 4 Minuten ausreichen, während die Ausfahrt desselben in den Strand der oberen Haltung, nachdem die Haftaue schon während der Niederfahrt gelöst werden, nahezu ohne Aufenthalt erfolgt, weil das Schiff schon in Folge der ihm von der Fahrgeschwindigkeit ertheilten Trägheit selbstthätig aus seiner Gurtenbettung abschwimmen wird. Diese raschen Handhabungen, sowie der Umstand, dass die Geschwindigkeit während der Auf- und Niederfahrt entsprechend den Bahnsteigungen auch über 1 m

Digitized by Google

in der Sekunde gesteigert werden kann, haben zur Folge, dass mit dieser Schiffseisenbahn gegenüber allen anderen technischen Lösungen eine bedeutende Ersparnis an Transportzeit erzielt werden wird.

Schiffseisenbahn für die geplanten österreichischen Kanäle. Die vorliegende Vorrichtung für eine Schiffseisenbahn wurde mit Rücksicht auf die geplanten österreichischen Kanäle für die Trockenförderung von 600 Tonnenschleppen entworfen. Derselben wurde die jüngste Donauschleppform von 63 m Länge und 8,20 m Breite, sowie die übrigen Schlepptypen des Donau-Rhein-Elbe- und Odergebietes von 200 bis 600 t Nutztragfähigkeit zu Grunde gelegt.

Die Gesammtlast des in Frage kommenden grössten Schleppes beträgt mit seinem Eigengewichte und einer Nutzlast von 600 t zusammen 735 t. Es wurde jedoch eine von den Gurten zu tragende grösste Last von 750 t angenommen. Das Gewicht des 45 m langen, mit den Rädern 7 m hohen und 12 m breiten Wagens sammt dem Gewichte der Gurten, Ausgleichketten, Rollen, Dynamos und allen sonstigen Einrichtungen berechnet sich höchstens auf 400 t, so dass ein Gewicht von 750 + 400 = 1150 t von 2 × 40 = 80 Wagenachsen = 160 Laufrädern aufgenommen werden muss. Die Laufräder, Lager, Achsen, Federn oder Presskolben berechnen sich mit 200 t, so dass ein Gesammtgewicht von höchstens 1150 + 200 = **1350 t** auf zwei Bahngeleisen zu bewegen ist.

Die Ausgleichsketten wurden in einer Stärke vom 33 mm, die Rundseile der Gurten mit 45 mm Durchmesser angenommen. Jede 1,20 m breite Gurte besteht aus 14 parallel zu einander hängenden Rundseilen, so dass von dem zu tragenden Schleppgewichte von 750 t auf eine Gurte 18,15 t und auf jedes Seil 1,30 t Belastung entfallen. Nachdem die 45 mm Rundseile 20 t Zerreissfestigkeit haben, so ist eine sechzehnfache Bruchsicherheit vorhanden.

Die zum Bergzuge des Gesammtgewichtes von 1350 t nothwendige Kraft überschreitet selbst bei grösserer Bahnsteigung nicht ein noch wirthschaftlich zulässiges Mass, nachdem sich die hierzu nothwendige Pferdekraft bei einer Neigung von 1 : 20 und bei einer Fahrgeschwindigkeit von 1 km in der Stunde wie folgt berechnet:

Gewichtskomponente in der Bahnrichtung $\frac{1}{20}$ = 67 500 kg + Reibungswiderstände 5500 = 73000 kg, die sekundliche Arbeitskraft somit 73000 Kgm : 75 = rund 1000 HP, welche sich mit Rücksicht auf die Räderübersetzungen, mit welchen die Motoren auf die Zahnstange arbeiten, auf 1300 bis 1400 HP erhöhen werden. Es werden demnach 4 Gleichstrommotoren von je 350 HP unter allen Umständen genügen.

Nachdem jedoch bei der Thalfahrt des Wagens die Zahnräder an der Zahnstange abrollen, kommen die durch Zwischenvorgelege mit den Zahnrädern zwangläufig verbundenen Dynamos in rasche Umdrehung und erzeugen nun einen kräftigen elektrischen Bremsstrom, welcher mittels Gleitkontakte durch die längs der Bahn gelegten Leitungen zum Kraftwerke zurückgeführt und dort in einer Sammelbatterie aufgespeichert werden wird. Zur Bergfahrt

Digitized by Google

wird nun diese Elektrizität den Wagendynamos zugeführt, welche nunmehr wieder als Elektromotoren arbeiten, den Wagen emporheben und die Sammelbatterie entladen. Diese elektrische Arbeitsgewinnung ist allerdings keine vollständige, weil in den Elektromotoren, in den Leitungen und besonders in der Sammelbatterie bedeutende Verluste auftreten. Letztere allein berechnet Hoor auf 35 pCt., so dass das Verhältnis zwischen der in der Bergfahrt von den Elektromotoren geleisteten mechanischen Arbeit und der bei der Thalfahrt durch die Dynamowirkung empfangenen Arbeit rund die Hälfte beträgt. Man wird demnach die zum Bergzuge noch fehlende Kraft mit der entsprechenden Reserve durch eine selbständige Anlage beschaffen, etwa im Kraftwerke ausser der Sammelbatterie noch Dampfmaschinen mit Gleichstrom-Dynamos aufstellen, welche dann gemeinsam mit der Sammelbatterie den zum Bergzuge nothwendigen elektrischen Strom den Motoren des Wagens zuführen.

Digitized by Google

7. Abschnitt.

Anlage und Ausrüstung von Binnenhäfen.

Fluss- und Kanalhäfen. Im innigen Zusammenhange mit den Wasserstrassen stehen die Fluss- und Kanalhäfen, welche den Schiffen eine geschützte Lage sichern und ihnen die Ein- und Ausladung ihrer Frachten erleichtern.

Die Flusshafenanlagen dienen entweder als Winterhäfen nur zur Bergung der Schiffe gegen Hochwasser, Eisrinnen und Eisstand, oder aber sie sind gleichzeitig als Handels- und Verkehrshäfen oder als Umschlagplätze mit Einrichtungen zum Löschen der Ladung und Aufnahme von Frachten vom Eisenbahnverkehre ausgestaltet. Ausser diesen Anlagen bestehen an Flüssen noch die der Flösserei dienenden Flosshäfen. Damit die Schiffe für die Fahrt durch einen Schiffahrtskanal geordnet und damit sie aus strömendem Flusswasser in ruhiges, stromloses Wasser zum Stillstande gebracht werden können, sind vor den Kanaleinfahrten Vorhäfen angelegt, welche oft gleichzeitig als Winterhafen und als Umschlagplätze verwendet werden. Derartige kleine Häfen werden an allen Kreuzungen zweier künstlicher oder einer natürlichen mit einer künstlichen Wasserstrasse errichtet.

Hafenentfernungen. Die fortschreitende Entwicklung des Schiffsverkehres auf einem Strome und die an denselben gestellten Anforderungen machen es nothwendig die Winterhäfen entlang desselben in möglichst kurzen Entfernungen anzulegen. Auf verkehrsreichen Flüssen sollen diese Entfernungen nicht mehr als 60 km betragen, weil diese Länge die Wegleistung eines Dampfers mit mittlerem Anhang während eines Wintertages ist, und derselbe daher, wenn vom Eise überrascht, innerhalb einer Tagesreise noch immer eine sichere Zufluchtsstätte finden kann. Hierdurch wird es möglich, am Strome den Verkehr bis zum letzten Augenblick, selbst noch bei Eistreiben aufrecht zu erhalten und während des Winters, vorausgesetzt, dass sich kein Eisstoss gebildet hat, zwischen den Häfen einzelne Fahrten, zur Löschung der Ladungen, auszuführen. Auf der unteren Elbe wurden deshalb die Winterhäfen 40 bis 90 km von einander entfernt angelegt. Am Rheine liegen sie in Entfernungen von 80—100 km.

Die Winterhäfen bestehen meist nur aus einem Wasserbecken und werden in der Regel in alten Flussarmen angelegt. Die grösseren Handelshäfen bestehen aus mehreren regelmässig gestalteten, künstlich ausgehobenen Becken und sind den örtlichen Verkehrsbedürfnissen entsprechend mit Vor-

Digitized by Google

richtungen zum Ein- und Ausladen von Waaren, Lagerhäusern, letztere nicht selten mit maschinellen Einrichtungen, ferner mit Geleiseanlagen zum Zwecke eines geregelten Waarenumschlages ausgerüstet.

Erfordernisse einer Hafenanlage. Im Allgemeinen müssen Häfen vollkommenen Schutz gegen Eisgang und Hochwasser bieten, von jeder stärkeren Durchströmung bewahrt bleiben und auch bei niederem Wasserstande noch die erforderliche Wassertiefe sowohl im Hafen, als auch in der Einfahrt besitzen. Es müssen deshalb alle eintretenden Versandungen sofort durch Baggerungen entfernt werden. Diese zeitlichen Baggerungen in den Häfen sind auch schon darum nothwendig, weil sich in dem stromlosen Hafenbecken oft gesundheitsschädliche Sinkstoffe ablagern. Die unter dem gewöhnlichen Hochwasserstande liegenden Hafentheile sind durch hochwasserfreie Dämme vom Strome zu trennen und die Dammböschungen dauerhaft und durch Steinbekleidung derart zu sichern, dass die an denselben verhefteten Schiffe durch abrollende Ufersteine nicht gefährdet werden.

Die Hafeneinfahrt soll immer am stromunteren Theile des Hafens, in spitzem Winkel zum Stromstriche gelegt werden, damit die zu Thal kommenden Dampfer und Schleppzüge, oder die mit der Strömung treibenden Schiffe mit Benutzung derselben wenden und in das stromlose Wasser das Hafens unmittelbar durch ihre eigene Fortgangsgeschwindigkeit einfahren können. Die stromaufwärts gerichtete Einfahrt in den Vorhafen der Verbindungsschleuse des Donau-Kanales nächst Wien ist daher von diesem Gesichtspunkte aus nicht entsprechend angelegt, weshalb auch alle mit der Strömung zu Thal treibenden Schiffe in dieselbe unmittelbar nicht einfahren können, sondern während ihrer Fahrt von einem Dampfer aufgegriffen und zur Schleuse gestellt werden müssen. Senkrecht zu grösserer Strömung oder gar stromaufwärts gegen diese gerichtete Hafeneinmündungen gefährden sogar die Einfahrt grösserer Schiffe und es dürfen demnach derartige Mündungsrichtungen nur bei Flosshäfen bestehen. In Krümmungen legt man den Hafen vortheilhaft in das einbiegende Ufer, damit die Einfahrt in der Stromtiefe bleibe und nicht verlande.

Die Grundrissform eines Hafens ergiebt sich aus der Gestaltung des Geländes, in welchem derselbe ausgehoben oder angelegt wird. Die Grösse des Hafens ist je nach seinem Zwecke verschieden. An Knotenpunkten des Verkehres wird man denselben zur Aufnahme und Ueberwinterung eines grossen Theiles der Flotte anlegen, während die zwischen diesen Haupthäfen liegenden Schutzhäfen nur für wenige Schiffe, einige Dampfer sammt deren Anhängen bestimmt sind.

Die Tiefe der Häfen soll so bemessen sein, dass die beladenen Schleppe unter allen Umständen beim örtlichen Tiefstwasserstande im Hafenbecken nicht auf Grund zu liegen kommen. Nachdem erfahrungsgemäss bei jeder stärkeren Wasseranschwellung des Stromes sich Sinkstoffe im ruhigen Wasser des Hafens ablagern, wodurch die Sohle desselben verschlammt und erhöht wird, muss die Hafensohle immer tiefer, als es die Baubemessung ergiebt, angelegt werden. Während die Tiefe in den kleineren Winterhäfen, in welchen die Fahrzeuge vertaut stille liegen und wenn auch in Schlamm aufsitzend keinen

Digitized by Google

Schaden leiden, etwas geringer bemessen werden kann, ist in den grösseren Verkehrshäfen eine ausreichende Fahrtiefe unter allen Umständen zu gewähr-

Bild 123. Auseisen von Schleppen im Winterhafen.

leisten, weil die Schiffe auch während des Winters im Hafen Bewegungen zum Zwecke von Ladehandhabungen ausführen müssen.

Bild 124. Winterhafen in der Fischa unterhalb Wien.

Hafendienst. In den grossen Winterhäfen ist es aus Sicherheitsgründen erforderlich, einen strengen und geregelten Dienstgang einzu-

Digitized by Google

führen, gesicherte Verbindungen der Fahrzeuge untereinander zu schaffen, die Bemannungen, um sie besser beaufsichtigen zu können, zu kasernieren, einen Wach-, Feuer- und Spitaldienst und endlich entsprechende Winterschulen einzurichten. Die Fahrzeuge müssen vor Eispressungen dadurch bewahrt werden, dass man Eiskanäle, in welchen die Eisschollen abgeführt werden, aushebt. (Bild 123) Bei jedem Eintritt von Wasseranschwellungen muss die Vertauung der Fahrzeuge entsprechend verstärkt, bei Abgang des Eises aber alle Bemannungen versammelt und die Dampfer unter Dampf gestellt werden. In jedem Hafen ist ferner für gutes Trinkwasser vorzusorgen und dürfen Unrathskanäle keines Falls in den Hafen münden, weshalb es bei grösseren Hafenanlagen zweckmässig erscheint, das obere Ende derart aus-

Bild 125. Winterstand im offenen Donaustrome bei Turn-Severin

zurüsten, dass dem Hafenbecken von Zeit zu Zeit fliessendes Wasser zugeführt werde, wodurch auch die Verschlammungen zum Theile behoben und das Eis leichter abgeführt wird.

Bild 124 zeigt einen grossen natürlichen Winterhafen in einem Seitenflusse der Donau bei Fischamend unterhalb Wien, Bild 125 einen Nothwinterstand in der unteren Donau bei Turn-Severin.

Hafeneinrichtungen. Die grösseren Handels- und Verkehrshäfen werden durch einzelne Landzungen in verschiedene Becken getheilt. Von diesen dient eines zur Aufnahme der mit Erdöl und feuergefährlichen Gegenständen befrachteten Schleppe, welche, um die übrige Flotte nicht zu gefährden, abseits von dieser liegen müssen. Die Getreide- und Güterschleppe werden unmittelbar an die Geleise, Lagerhäuser, Speicher und Schuppen vertaut und die unbeladenen Fahrzeuge zumeist in der Hafenmitte aufgestellt. Bei grossem

Digitized by Google

Kohlenverkehre sind besondere Verladevorrichtungen vorhanden. Endlich werden je nach den Verhältnissen auch für Holz und Erze besondere Hafenbecken geschaffen.

Die Geleise, Krahne, Schuppen und Ladevorrichtungen befinden sich an dem Hafenkai und an den die einzelnen Becken von einander trennenden Landzungen. Alle diese Anlagen sollen hochwasserfrei liegen. Bei Stromhäfen ist diese Forderung schwieriger zu lösen, weil man mit den veränderlichen Wasserständen zu rechnen hat. Bei sehr hoher Lage der Lager-

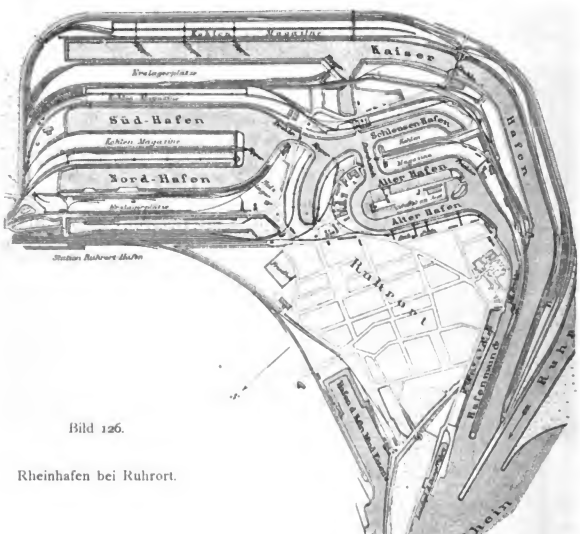


Bild 126.

Rheinhafen bei Ruhrort.

plätze werden die Verladegeschäfte erschwert und vertheuert, bei zu tiefer Lage derselben wieder die Geleise und Ladeanlagen, sowie die untersten Räume der Speicher durch die grossen Fluthwellen überschwemmt, was zu argen Betriebsstörungen führt. Nachdem die Kanalhäfen mit veränderlichen Wasserständen nicht zu rechnen haben, werden die Lagerplätze, Geleise und Ausladevorrichtungen an diesen derart angelegt, dass die Borde der beladenen Kähne fast in gleicher Höhe mit der Kaikante oder Uferböschung zu liegen kommen, wodurch die Verladung schneller und billiger bewerkstelligt werden kann.

Digitized by Google

Die Anlage eines grossen Binnenhafens zeigt die Abbildung 126 des Rheinhafens bei Ruhrort, welcher hauptsächlich dem westfälischen Steinkohlenverkehr dient. Die Gesammtlänge seiner Becken beträgt 10000 m. Die Kohlenlagerplätze werden von Pfeilerbahnen durchquert, von denen die Kohle von den Eisenbahnwagen abgeschüttet oder unmittelbar von den zum Vorwärtskippen eingerichteten Wagen über Sturzbühnen und Trichter in die Schleppe verladen wird. Die Ruhrorter Anlagen werden derzeit abermals bedeutend vergrössert.

Hafenanlagen der Donau, des Rheines, der Elbe und der Oder. Die Verkehrs- und Winterhäfen der Donau sind in folgender Tabelle nach ihren Entfernungen geordnet:

von	nach	Entfernung in Kilometer.
Regensburg künstlicher Hafen, Lagerhäuser.	Deggendorf künstlicher Hafen.	94
Deggendorf	Passau künstlicher Hafen, Lagerhäuser.	59
Passau	Linz, künstlicher Hafen.	92
Linz	Korneuburg, natürlicher Werfthafen.	194
Korneuburg	Freudenau b. Wien, künstlicher Hafen	23
Freudenau	Fischamend, natürl. grosser Winterhaf.	15
Fischamend	Pozsony, künstlicher Hafen.	39
Pozsony (Pressburg)	Komárom, künstlicher Winterhafen.	109
Komárom (Komorn)	Budapest { Ujpest, künstlicher Hafen. Ó-Buda, Werfthafen. Lágymányos, Hafen.	115
Budapest	Tass, kleiner natürlicher Nothhafen.	65
Tass	Szegszárd, natürlicher Hafenarm.	88
Szegszárd	Baracska, natürlicher Hafen.	89
Baracska	Zimony, grosser Winterhafen.	267
Zimony (Semlin)	Pancsova, kleiner Hafen.	20
Pancsova	Orsova, künstlicher Hafen.	202
Orsova	Turn-Severin. Nothh. i. offenen Strome.	22
Turn-Severin	Flamunda, natürlicher Hafenarm.	334
Flamunda	Giurgevo, künstlicher Hafen.	99
Giurgevo	Braila, künstl. Hafen und Dockanlage.	319
Braila	Galaz, künstl. Hafen und Dockanlage. Matschin, natürl. grosser Winterhafen	20
Galaz	Sulina, Seehafen.	167
	Gesammte Stromlänge	2132

Digitized by Google

Die verhältnismässig grösste Zahl von Handels- und Winterhäfen besitzt jedoch der Rheinstrom. Im Ganzen bestehen entlang desselben 45 Handels- und 19 Nothwinterhäfen sowie 10 Flosshäfen. Die Becken der grossen Handelshäfen, wie Mannheim, Ludwigshafen, Gustavsburg und Ruhrort sind fast durchwegs in das Ufergelände eingeschnitten. In gleicher Weise sind auch die meisten Schutzhäfen angelegt. Die Flosshäfen zu Mannheim, Mainz und Schierstein sind alte Flussläufe und Arme, welche abgeschnitten und durch Baggerung vertieft wurden. Die Form der Hafenbecken ist meist lang gestreckt und von geringer Breite. So ist der Mühlauhafen zu Mannheim 2 km lang bei 120 m Sohlbreite und der Kaiserhafen zu Ruhrort bei 60 m

Bild 127. Lagerhaus in Passau.

Sohlbreite 3 km lang. Die übrigen Hafenbecken haben Sohlbreiten von 30 bis 75 m.

Die Einfahrten befinden sich meist am stromabwärts gelegenen Ende des Hafenbeckens. Mündungen in der Mitte der Längsseite desselben, wie in Ludwigshafen, Mainz, Schierstein und Oberlahnstein, sind weniger beliebt, da bei diesen das Einfahren der Schiffe schwieriger ist. Einige Häfen, wie jene bei Mannheim und Frankfurt haben eine zweite Einfahrt von oben, welche durch Schleusen abgeschlossen ist.

Alle Rheinhäfen sind entsprechend ausgerüstet und ist der Dienst in denselben vorzüglich geregelt. Die Hafentiefe ist überall genügend; bei den Schutz- und Handelshäfen liegt die Sohle so tief, dass vollbeladene Schiffe beim niedersten Wasserstand ohne Gefahr darin bleiben können.

Der Hafenverkehr an den Binnenschiffahrtsplätzen des Elbe- und Odergebietes vollzieht sich zum grössten Theil nicht in geschlossenen

Digitized by Google

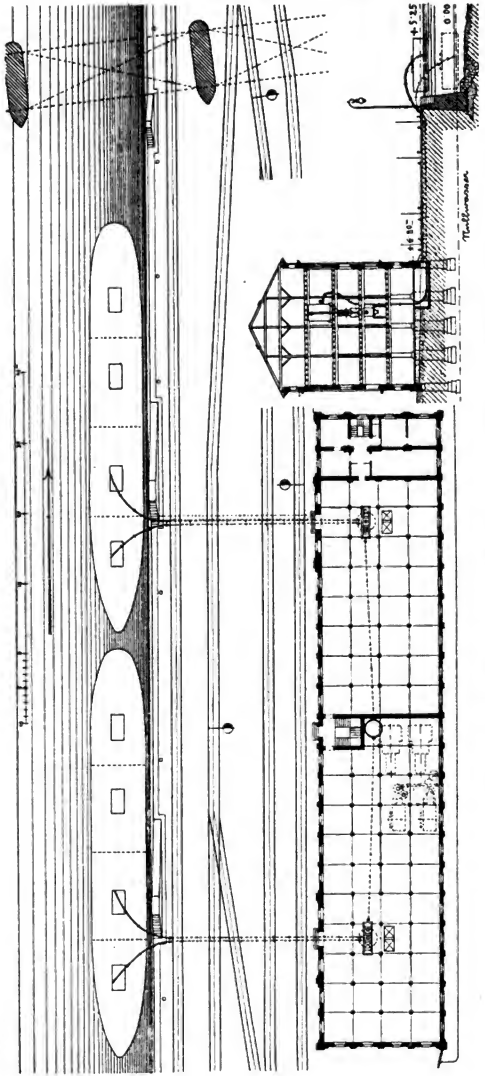


Bild 128. Grundriss und Querschnitt des Lagerhauses in Passau.

Digitized by Google

künstlichen Häfen, sondern an den entsprechend ausgestatteten Stromufern. Bedeutende Hafenanlagen und Umschlagplätze bestehen an der Elbe bei Schönpriesen und Tetschen-Laube, in Aussig, dem Kohlenumschlagplatze, und bei Dresden und Magdeburg. An der Oder sind die grössten Hafenanlagen jene bei Breslau, Kosel und Stettin.

Grössere Winterhäfen an der Elbe bestehen ferner bei Rosawitz, Mühlberg, Wittenberg, Tangermünde und Wittenberge und an der Oder bei Oppeln, Glogau, Neusalz und Kienitz.

Der mit vorzüglichen Einrichtungen versehene Hafen von Breslau nimmt gegenwärtig die siebente Stelle als Hafenort des deutschen Binnenwasserverkehrs ein. An erster Stelle stehen die vereinigten Rhein - Ruhrhäfen: Ruhrort, Duisburg und Hochfeld mit einem jährlichen Verkehr von über 7 500 000 t, welchen Berlin mit 5 200 000 t, Hamburg an dritter Stelle mit einem Binnenverkehr von 3 600 000 t, Mannheim mit 3 300 000 t, Magdeburg mit 1 600 000 t, Stettin mit 1 500 000 t und Breslau mit 1 400 000 t folgen.

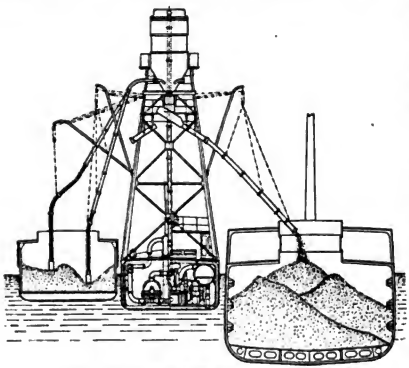


Bild 129. Pneumatischer Getreideheber.

Hafenausrüstung. Wenn auch, abgesehen von den vorzüglichen Rheinanlagen, schon einige Donauumschlagplätze, Elbe- und Oderhäfen mit zeitgemässen Einrichtungen zum Laden, Löschen und Umschlag der Güter auf die Eisenbahn ausgerüstet sind, so wird im Allgemeinen den Hafenplätzen der Binnenschiffahrt noch bei weitem nicht die nothwendige Aufmerksamkeit zugewendet, weshalb auch die Aufenthalte der Schleppe durch Ein- und Ausladezeiten und Stilliegen im Verhältnisse zu ihrem gewinnbringenden Umlaufe ausserordentlich gross sind, und dadurch das Erträgnis der Schiffahrt schmälern. Zweckentsprechende Hafeneinrichtungen steigern aber den Umlauf der Fahrmittel; so hat beispielsweise der Schleppumlauf auf der oberen Donaustrecke durch die von der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft in Regensburg, Passau und Linz errichteten Lagerhäuser bedeutend zugenommen. Das Lagerhaus in Passau ist im Bilde 127, 128 dargestellt. Dasselbe hat einen Fassungsraum für 7000 t Getreide, welches aus den Schleppen in die einzelnen Speicher auf pneumatischem Wege befördert wird. Innerhalb des Lagerhauses sind zwei Luftpumpen, die mittelst zweier je 100 HP Maschinen

Digitized by Google

das Getreide durch Blechröhren ansaugen, wobei dasselbe gleichzeitig durch 4 automatische Wagen in Säcke gefüllt wird. Vom Sackirraume werden dann die Säcke entweder von 4 hydraulisch betriebenen Aufzügen im Lagerhause vertheilt, oder auf Rutschen in die Eisenbahnwagen verladen. Bild 128 zeigt den Grundriss und den Querschnitt des Lagerhauses.

Eine besonders rasche Umladung erfordert der Umschlag zwischen Binnen- und Seeschiffen, weil für letztere der Grundsatz „Zeit ist Geld" ausschlaggebend ist. Man hat deshalb in jüngster Zeit ausser schwimmenden Verladern mit Becherwerken pneumatische Elevatoren (Bild 129) eingeführt, bei welchen an Stelle der Hebebecher ein beweglicher Schlauch, durch den mittels starker Luftverdünnung das Getreide aus dem Schiffe gesaugt wird, die Umladung besorgt.

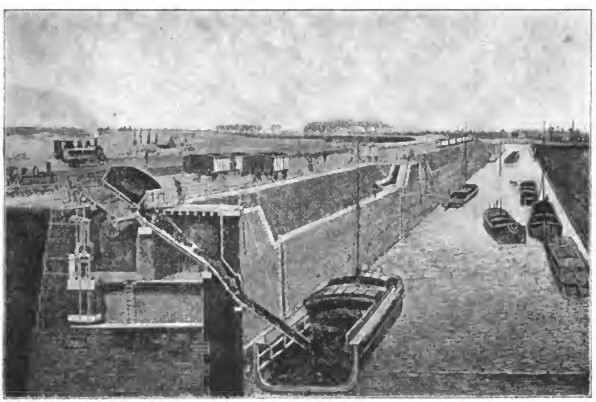


Bild 130. Kohlenverladung auf den Kanälen von Pas de Calais.

Eine schnelle Verladung von auf Schienenwegen anrollenden Kohlenwagen ist im Bilde 130 dargestellt.

Endlich zeigt Bild 131 die Ladevorrichtung auf der Landzunge zwischen dem Oderstrome und dem inneren Hafenbecken des neuen grossen Hafens in Breslau und Bild 132 den Oderhafen bei Kosel.

Amerikanische Verladevorrichtungen. Von welchem wirthschaftlichen Einflusse auf die Schiffahrt zeitgemässe Verladevorrichtungen sind, wird schlagend durch die neuen technischen Einrichtungen des grossen Binnenseeverkehres Nordamerikas bewiesen. Auf dem Verkehrsgebiete der fünf grossen Seen hat man es dadurch ermöglicht, Erze aus den Gruben am Oberen-See abzubauen und dieselben innerhalb eines Zeitraumes von 10 Tagen

Digitized by Google

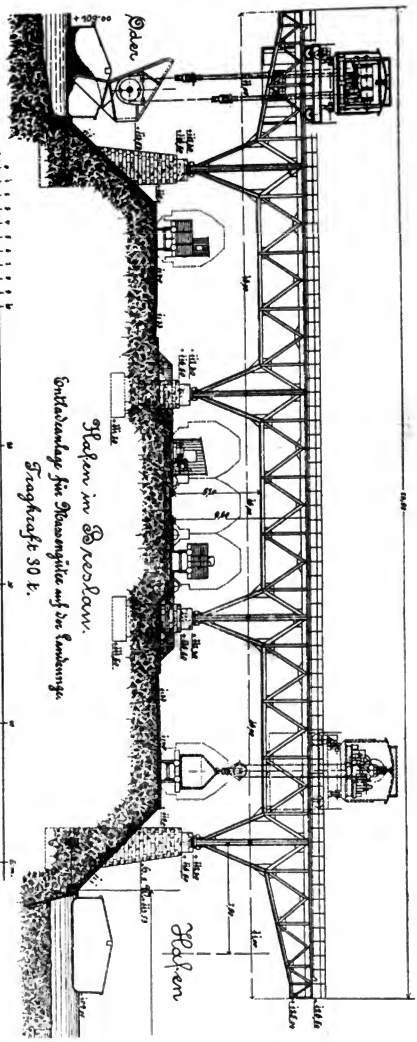


Bild 131.

Digitized by Google

aus den Pittsburgher Stahlwerken in Form von Stahlplatten zu versenden. Dabei muss man bedenken, dass die Entfernung zwischen den genannten Gruben und den Pittsburgher Werken 1500 km beträgt und dass das Erz theils über Wasser, theils über Land geführt, also von den Waggons in die Schiffe und von diesen wieder in Waggons verladen werden muss, ferner dass eine solche Sendung oft 5000 bis 8000 t wiegt. Eine wahrhaft grossartige Beförderungsleistung.

Im ganzen sind auf den grossen Seen 47 Ladeplätze und Docks vorhanden, in welchen Erz und Kohle von Schiffen auf Waggons und umgekehrt verladen werden. Während der eisfreien Zeit entwickelt sich zwischen diesen Häfen eine äusserst rege Schiffahrt mit den für diesen Dienst und die Tiefenverhältnisse der Docks eigens gebauten Schiffen. Bei einer Länge von 160 m und

Bild 132. Kohlenhafen an der Oder bei Kosel.

einer Breite von 18 m bestehen dieselben aus neben einander angeordneten Laderäumen von je 12 m Länge und $8^1/_4$ m Breite, die an beiden Seiten einer mittleren Längsscheidewand liegen. Das Ausladen des Erzes oder der Kohle aus den Waggons und das Verladen in die längs der Kaimauer der Docks liegenden Schiffe geschieht in folgender Weise: Die Wagen werden auf die Entladegeleise gefahren, die Kohle in Fülleimer, die von den Armen der Lademaschine herabhängen, eingeladen und mittels Dampfkraft an den Armen entlang bis über den betreffenden Laderaum des Schiffes geführt, in das sie entleert werden. Es sind in der Regel ebenso viele Waggons hinter einander gereiht, als Laderäume in dem Schiffe sich befinden. Da die zahlreichen Arme der Lademaschine über fünf Geleise und die ganze Schiffsbreite hinwegreichen, wird aus einer grossen Anzahl von Wagen gleichzeitig ausgeladen, so dass eine Erz- oder Kohlensendung von 5000 bis 8000 t innerhalb einiger Stunden verladen werden kann.

Nachdem jedoch auch diese Einrichtung nach dortigen Begriffen zu langsam arbeitet und eine verhältnismässig beträchtliche Anzahl von Arbeits-

Digitized by Google

kräften erfordert, hat man in neuerer Zeit in den Docks der Lorrain Steel Co. in Lorrain die im Bilde 133 dargestellte Verladevorrichtung gebaut.

Diese Anlage besteht aus Gruppen von je drei Brücken, welche mit ihren vorderen Enden, an welchen sich die Auslegearme anschliessen, auf eisernen Gittergerüsten ruhen, längs welchen sie verschoben und abwechselnd mit ihrem Auslegearm über die zu füllenden Laderäume des Schiffes geführt werden können. Die hinteren Enden der Brücken lagern auf Tragthürmen, die von einander unabhängig sind und auf dem Geleise, auf welchem sie stehen, nach Bedarf verschoben werden können. Das Verschieben der Thürme und mit diesen der hinteren Brückentheile geschieht mittels einer Lokomotive,

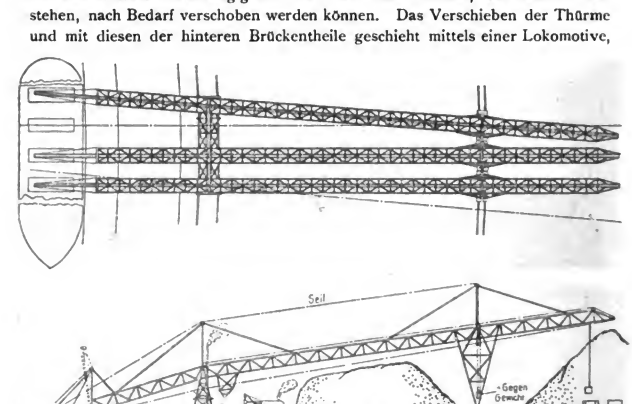


Bild 133. Verladebrücken der Lorrain Steel Co. in Nordamerika.

die sich neben den Thürmen auf parallelen Geleisen bewegt. Auf diese Weise kann eine und dieselbe Brücke innerhalb gegebener Grenzen verschiedene Stellungen einnehmen und mit Leichtigkeit über die zu füllenden oder zu entleerenden Laderäume geführt werden. Längs den Brücken dieser Maschine werden Eimer mit einem Raumgehalt von $^3/_4$ cbm befördert. Das Aufziehen und Fortbewegen der Fülleimer besorgt ein Drahtseil. Das Anhalten derselben sowie das Abhaspeln des Aufzuges tritt selbstthätig ein, sobald der Laufwagen, an welchem der Eimer hängt, auf seinem Wege an einen an beliebiger Stelle der Brücke einsteckbaren Anschlag, der die Auslösevorrichtung in Thätigkeit setzt, anstösst. Diese Anordnung ermöglicht es, die Umladung des Materiales beliebig entweder vom Schiff in Waggons und umgekehrt, oder auf einen weiter von dem Schiffe entfernten Stapelraum vorzunehmen, da die Länge der Brücken und ihre leichte Richungsänderutng einen verhältnismässig

Digitized by Google

grossen Bewegungsspielraum zulassen. Jede Brücke mit ihrem zugehörigen Aufzug wird von einem Arbeiter bedient, der seinen Platz auf der obersten Plattform des vorderen Gittergerüstes hat, so dass er die Laderäume im Schiffe genau überblicken und die Bewegungen des Eimers mittels Hebel und Fussbremse regeln kann. Die grösste Leistung einer solchen aus sechs Brücken bestehenden Anlage war die Bewältigung von 3241 t in $12^1/_2$ Stunden.

Um endlich noch die Kosten der Zuschaufler der Kohle im Schiffsraume zu ersparen, hat man in jüngster Zeit einen selbstthätig wirkenden Eimer, Hurlett's Auslader, eingeführt, welcher etwa 10 t Erz oder Kohle fassen kann. Die eisernen Flügel desselben pressen sich in das Erzmaterial ein und werden in dieser Arbeit durch auf die Enden der Flügel wirkenden hydraulischen Druck unterstützt. Sobald die Flügel das Material gefasst und sich zusammengepresst haben, wird der herabhängende Arm, an welchem der Eimer befestigt ist, gehoben und bis über einen zwischen den Gitterträgern des Maschinengerüstes befindlichen Kippwagen geführt, in welchen das Material aus dem sich selbstthätig öffnenden Eimer fällt. Eine solche Maschine bewältigt durchschnittlich in der Stunde 250 t Material.

Dem Hurlett-Auslader aus den Schiffen entsprechen in ihrer Leistung die Wagenwender, welche zum Verladen der mit der Bahn ankommenden Kohle in die Schiffsräume dienen und die den mit seiner Ladung 40 t schweren Waggon heben und umkippen, wodurch sein Inhalt auf eine Rutschbahn fällt und von dort in den Schiffsraum gelangt.

Für Kleinkohle hat man noch schnellere Verladevorrichtungen. So wird in der, der Pittsburgh and Conneaut Dock Co. gehörigen Vorrichtung der mit Kohle gefüllte Waggon bis zu einer gewissen Höhe gehoben, so dass er beim Kippen seinen Inhalt auf eine glatte Sturzbahn schütten kann, von welcher die Kohle in die Schiffsladeräume abrollt. Die Sturzbahn wird mit ihren Längsrändern entsprechend der Höhe des Schiffes eingestellt und die Kippvorrichtung bringt den Waggon in demselben Moment automatisch zum Kippen, in welchem er an den oberen Rand der Sturzbrücke anstösst. Der ganze Ladevorgang ist ein rascher und verladen diese Maschinen 5176 t in $10^1/_2$ Stunden. Die Verladekosten stellen sich für 1 t auf etwa 40 Heller. Endlich wendet man auch noch eine andere Form von Waggonkippern an, welche den Vortheil sehr schneller Arbeit, jedoch eine bedeutende Fallhöhe der Kohle im Gefolge haben, wodurch letztere zertrümmert und dadurch minderwerthig wird. Bei diesen Vorrichtungen wird der Waggon in einen Cylinder geschoben, der sich um seine Achse mit dem Wagen soweit dreht, bis die Kohle auf die Sturzbahn rollt, von welcher sie dann in den oft sehr tief liegenden Schiffsladeraum herunterfällt

Digitized by Google

III. Theil.

Binnenschiffahrt.

Digitized by Google

Digitized by Google

8. Abschnitt.

Flösserei und Ruderschiffahrt.

Alter und Kulturwerth der Wasserstrassen. Die Schiffahrt umfasst einen der wesentlichsten Theile des Verkehres und der Kultur der Völker. Das Bestreben des Menschen, die Gewässer nutzbar zu machen, reicht bis in die älteste Zeit zurück. Die vor Tausenden von Jahren in Indien mittels Händearbeit ausgeführten gewaltigen Staudämme zur Aufspeicherung von Wasser, die in China seit Menschengedenken bestehenden Kanalanlagen, die in Chaldäa und in Aegypten schon im Alterthume berühmten Bewässerungsanlagen und Nutzkanäle, sowie die Wasserbauten der Römer erregen noch heute unsere Bewunderung. Selbst während der im Mittelalter eingetretenen allgemeinen Erstarrung des menschlichen Fortschrittes sind, durch die Noth geboten, in den Niederlanden jene mächtigen Deichanlagen entstanden, durch welche grosse Küstenstriche der See abgerungen und vor den Hochfluthen derselben geschützt wurden. Eigentlich war es aber erst der Neuzeit hauptsächlich durch die Erfindung der Kammerschleuse vorbehalten, die Binnengewässer im grossen Massstabe der Schiffahrt und dem allgemeinen Verkehre dienstbar zu machen.

Wenn auch nur das Meer als der grosse Träger des Weltverkehres bezeichnet werden kann, so zeigt der Aufschwung, den die Wasserstrassen im Festlande eben in letzter Zeit genommen haben, dass auch diese einen wichtigen Theilbetrag des allgemeinen Weltverkehres bilden.

Im Binnenlande waren übrigens die natürlichen Flussläufe schon vor Eröffnung der Seewege die Haupthandelsstrassen, und als die Menschen späterhin auch das Meer betraten, bildete dieses gemeinsam mit den Strömen Jahrhunderte lang den Weg der Grossbeförderung. In diesem Umstande liegt auch die Ursache, dass die Ansiedlungen und Städte an Flussufern, gegenüber anderen nicht an solchen gelegenen sich so rasch entwickeln konnten. Die Wasserstrasse war eben der einzige Weg, welcher im Binnenlande eine Beförderung schwerer Güter und grösserer Mengen möglich machte. Entlang der grossen Ströme entstanden deshalb die wichtigsten Verkehrsmittelpunkte und längs ihres Gebietes die früheste Kultur. Euphrat und Tigris lassen sich als schiffbare Wasserstrassen weit zurück verfolgen. Der Nil wurde schon um die Mitte des dritten Jahrtausend vor Christus von Lastschiffen befahren. Die Chinesen hatten schon in den ältesten Zeiten eine geregelte Schiffahrt auf ihren Strömen und Kanälen. Der Rhein war von jeher eine der wichtigsten Kulturstrassen. Die Trajansbrücke bei Turn-

Digitized by Google

Severin und die Trajansstrasse zur Umgehung der Donaukatarakte zeigen die grosse Bedeutung des Donauweges.

Wien bildete im Mittelalter und in der zweiten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts einen Knotenpunkt des Handels zwischen dem Orient und dem Westen. Zur selben Zeit, als dem grossen Handelshause Fugger die Wagenfracht von 1000 Zentner Güter aus Italien nach Augsburg noch beiläufig 150 Kronen für jeden Reisetag, also in fünfmonatlicher Reisedauer ein Tonnenkilometer noch 36 Heller kostete, stellten sich die Kosten eines durch Pferde von Semlin, dem alten Getreidehandelsplatze, nach Ulm gezogenen 100 Tonnen-Ruderschiffes, welches die 1200 km donauaufwärts auch in fünf Monaten zurücklegte, für einen Tag auf 60 Kronen, daher für einen Tonnenkilometer auf 16 Heller.

Mit dem Zeitalter der Eisenbahnen haben die natürlichen und künstlichen Wasserstrassen zum Theile ihre frühere Bedeutung eingebüsst und erst in neuester Zeit sind sie wieder durch ihre Ueberlegenheit gegenüber den Schienenwegen in der Massenbeförderung und durch ihre viel billigeren Beförderungskosten in den Vordergrund getreten.

Tonnenkilometrische Beförderungskosten der Land- und Wasserwege. In folgender Tabelle wird versucht, die tonnenkilometrischen Kosten der verschiedenen Beförderungsarten aufzustellen:

Art der Beförderung	Kosten einer auf 1 Kilometer beförderten Tonne in Heller
Menschenkraft (Tragen, Schiebtruhe, Rollwagen)	40—60
Thierische Kraft (Tragthiere, Lastwagen)	30—40
Ruderschiffahrt zu Thal und Flösserei	0,15—0,50
Ruderschiffahrt zu Berg, Gegenzug in geringer Strömung	1,50—3,00
Flussschiffahrt mittels Dampfkraft:	
bei grösserer Stromgeschwindigkeit zu Thal	0,30—0,80
bei grösserer Stromgeschwindigkeit „ Berg	1,50—2,50
bei geringerer „ zu Thal	0,20—0,50
bei geringerer „ „ Berg	0,20—1,00
Kanalschiffahrt	0,20—0,50
Seeschiffahrt	0,10—0,40
Eisenbahnen	1,60—3,00

Die Darstellung zeigt, dass die Beförderung einer Tonne heute rund den zwanzigsten Theil von dem Betrage kostet, welcher noch vor 100 Jahren bezahlt werden musste.

Entstehung und Entwicklung der Schiffahrt. Durch die Beobachtung des mit der Strömung treibenden Holzes ist offenbar die That, einen Wasserlauf als Beförderungsmittel zu benutzen, entstanden. Diese Erscheinung führte dahin, Baumstämme mit Bast oder Geäste zusammenzubinden und als Floss thalwärts treiben zu lassen. In einem späteren Zeitraume erkannte man sodann die grosse Schwimmfähigkeit der Flösse und benutzte sie zur Beförde-

Digitized by Google

rung aufgeladener Gegenstände. Jenem genialen Urmenschen aber, welchem der Gedanke gekommen, einen mittels Feuer und Steinaxt ausgehöhlten Baumstamm als Schiff zu verwenden, (Bild 134) verdanken wir die Entstehung der eigentlichen Schiffahrt. Dieser ausgehöhlte Baumstamm bildete das Vorbild sowohl für die roh zusammengefügten Holzfahrzeuge, welche mit Gütern beladen durch die Strömung zu Thal getrieben und am Bestimmungsorte zerschlagen wurden, als auch für die in späteren Jahrhunderten sorgfältiger gezimmerten Fahrzeuge, mit welchen man von den Strommündungen aus den Seeweg betrat.

Bild 134. Einbäumler, aus der Zeit der Pfahlbauten.

Auf die Idee des Ruderns und Steuerns haben vielleicht die Schwimmfüsse der Wasservögel und Amphibien, sowie die Fische geführt. Wohl hat auch die Schwimmblase, welche die Fische durch Luftanfüllung zur Vergrösserung oder Verminderung ihres Umfanges und dadurch zu ihrem Emporsteigen und Niedersinken benutzen, den Gedanken erzeugt, die Schwimmfähigkeit des Holzes durch untergebundene, mit Luft gefüllter Schläuche aus Thierhäuten zu erhöhen, wie solche noch heute auf den indischen Strömen und bei den Bretterflössen einiger Küstenstämme Australiens üblich sind.

Die Erfindung des Schiffes darf aber gewiss nicht einem Volke zugeschrieben, sondern es muss vielmehr angenommen werden, dass dieselbe in verschiedenen Ländern der Erde gemacht wurde. So entstanden obige von aufgeblasenen Lederschläuchen getragenen Holzschiffe, dann die Bambusflösse, welche in China oft als Unterlage ganzer Dörfer dienen, ferner die mit leichten Brettern überdeckten irdenen Schwimmtöpfe am Nilstrome und endlich die noch heute in vielen Gegenden Afrikas verwendeten Kürbisschiffe, jedenfalls unabhängig von einander.

Durch Anwendung von menschlicher und thierischer Muskelkraft entwickelte sich wohl zuerst auf Flüssen mit geringerer Stromgeschwindigkeit, offenbar in den Mündungsgebieten, die stromaufwärtige Schiffahrt, der Bergverkehr. Im Lande der nach neueren Forschungen wahrscheinlich ältesten bekannten Kultur, in Chaldäa oder Mesopotamien, hatten nach Herodot die nahezu kreisrunden Boote, welche stromaufwärts den Euphrat bis Babylon fuhren, aus Weidenruten hergestellte Schiffswände, die mit Thierhäuten belegt und mit Theer angestrichen waren. Ihre Ladung bestand hauptsächlich aus Fässern mit Palmwein. Sie wurden von je einem vorne und hinten stehenden Manne mittels zwei langen Rudern gelenkt. (Rawlinson, das Korbschiff Kufa.)

Nach den Hieroglyphen hatten die Aegypter am Nilstrome schon 3600 v. Chr. die verschiedensten Gattungen von Lastschiffen bis zu den prächtigsten Lustfahrzeugen. Bild 135 zeigt nach Wilkinson ein auf den Steinornamenten bei Theben abgebildetes Nilboot. Der Mann am Buge sondirt offenbar die Flusstiefen.

Endlich geben die chinesischen Dschunken, welche die Mündungen der

Digitized by Google

dortigen gewaltigen Ströme und die Küsten befahren, sowie die kleinen gebrechlichen[1] indischen Boote, Katamarang, die, um bei Wellenschlag nicht umzukippen, an einer Seite weit hinausragende parallel mit dem Boote verbundene bewegliche Schwimmbalken haben und die amerikanischen Kanoes, welche bereits in den alten Kulturdenkmälern der von den spanischen Fanatikern und Abenteurern zerstörten Reiche Mexiko und Peru abgebildet sind, Zeugnis des hohen Kulturwerthes der Schiffahrt schon in den frühesten Zeiten.

Alle diese Schiffahrtsmittel dienten aber selbstverständlich nur dem Nahverkehr. Der erste grosse Aufschwung der Schiffahrt, der Fernverkehr, trat erst durch die Benutzung der Segelkraft und hauptsächlich durch die Erkenntnis der Wirkung der Magnetnadel ein. Fahrten über See fanden vor Bekanntwerden der Magnetnadel wohl nur im Sommer bei klarem Wetter und auf kürzere Entfernungen statt. Die Bestimmung des Kurses erfolgte bei den alten Völkern, Chaldäern, Aegyptern, Phöniciern, Griechen und Römern, bei Tage nach dem Stande der Sonne und bei Nacht nach dem Laufe der Gestirne. Die Eigenschaft, dass eine magnetisch gemachte, freischwebende oder schwimmende Nadel immer eine bestimmte Richtung gegen den Meridian von Süd nach Nord annimmt, wurde zuerst im Oriente und China etwa 1250 bekannt, und durch den Italiener Flavio Gioja im Jahre 1302 durch Schaffung der Windrose als Kompass (Boussole) allgemein brauchbar gemacht.

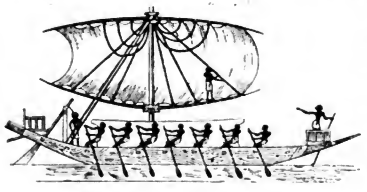


Bild 135.

Den gewaltigen Aufschwung, den die Schiffahrt in neuester Zeit erreicht hat, verdankt sie jedoch ausschliesslich der Anwendung der Dampfkraft. Welcher weite Weg, welcher Aufwand an Menschenwitz, welcher hohe Opfermuth liegt zwischen den Fahrversuchen des Urmenschen in einem ausgehöhlten Baumstamme und unseren jetzigen Flussdampfern und Oceanschiffen!

Beförderungsweisen auf Binnenwasserstrassen. Die Ausnutzung der Binnenwasserstrassen zum Zwecke des Verkehres geschieht heute auf verschiedene Art:

1. Durch Benutzung der Strömung: das Triften und das Flössen, sowie die zu Thal gehende Kleinschiffahrt.

2. Durch Benutzung menschlicher und thierischer Muskelkraft, sowie der Segelkraft: die Ruderschiffahrt und der Gegenzug auf Flüssen, das Treideln auf Kanälen.

3. Durch Benutzung der Dampfkraft: die Dampfschiffahrt und der Schleppzug mittels Schaufelrad, Schraube, Kette oder Drahtseil.

4. Auf Kanälen ausserdem noch durch verschiedene andere mechanische und elektrische Zugsmittel.

Digitized by Google

Triften und Flösserei. Je nachdem man Baumstämme und Hölzer einzeln mit der Strömung treiben lässt oder sie zu einem Flosse vereinigt, entsteht das Triften oder das Flössen.

Beim Triften werden die Stämme entweder einzeln oder in grösserer Anzahl zusammengebunden in den Wasserlauf geworfen und an jenen Stellen, wo sie sich am Ufer oder gegenseitig stauen, durch Triftarbeiter weiter geschoben. Das Triften bildet das einfachste und billigste Beförderungsmittel. Hauptsächlich wird Brennholz und minderes Werkholz getriftet, weil schönes Stammholz, selbst wenn der Wasserlauf als Triftweg entsprechend eingerichtet ist, durch Anstossen an die Ufer Beschädigungen erleidet, wodurch sein Werth vermindert wird.

In manchen Gegenden wird noch heute ein geregelter Triftbetrieb unterhalten, wie beispielsweise in Oesterreich im Salzkammergute, in Frankreich im Oberlaufe der Yonne, und in grosser Ausdehnung in Amerika und in Schweden und Norwegen.

Beim Flössen werden die Stämme entweder durch Wieden und Geäst miteinander verbunden oder sie erhalten als Auflage Verbindungsbalken, welche mit Seilen, Nägeln und Krampen an Flossbalken befestigt werden. In letzterer Art werden je nach der vorhandenen Fahrtiefe einige Reihen von Stämmen zu Gestören übereinander gelagert und zu Balkenflössen vereinigt. (Bild 136.) Derartige Balkenflösse sind oft kunstgerecht hergestellte grosse Holzwerke, welche mit Aufbauten versehen sind und mit Schnittholz, sowie anderen Gütern beladen werden.

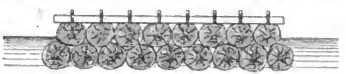


Bild 136.

Wird geschnittenes Holz in Bunden von 10 bis 20 Brettern zusammengelegt und werden von diesen 5 bis 10 nebeneinander gelagert und miteinander befestigt, so entsteht das Bretterfloss. Die bis 1 m tieftauchenden, bis 10 m breiten und oft 100 m langen Bretterflösse werden, besonders auf seichten Wasserläufen, in der im Bilde 137 dargestellten Weise fächerförmig mittels Querbohlen eines an das andere derart beweglich gekuppelt, dass die Kuppelhölzer des rückwärtigen immer auf dem Hintertheil des vorderen Flosses aufliegen, wodurch sich die einzelnen Flosstheile gegenseitig unterstützen.

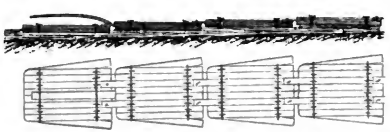


Bild 137.

Die Breite und Tiefe der Flösse hängt von den Abmessungen der zu befahrenden Wasserläufe, von den bezüglichen Verkehrsrücksichten, von den Brückenweiten und bei Flössereianlagen von der Grösse der Durchlässe ab. Auf der Donau sind die Flösse in der Regel nicht über 15 m breit und 60 m lang. Im Bilde 12, Seite 40 ist ein in den Struden einfahrendes Bretterfloss dargestellt, Bild 138 zeigt ein Floss der mittleren Donau.

Digitized by Google

Auf der unteren Elbe sind die Flösse bis 60 m breit und 200 m lang. Am Rhein von Koblenz abwärts schwimmen Flösse von 72 m Breite und 250 m Länge. Flosswerke, bestehend aus 2680 Gestören = 1300 t Holz, mit einer Tauchung von 1 m, haben schon einige Male die deutsche Rheingrenze passirt. 1896 betrug der Flossverkehr am Rheinstrome 320 000 t.

Die Zusammensetzung eines solchen grossen Rheinflosses erfordert Umsicht. Die unteren Lagen bestehen aus Tannenstämmen bis 30 m Länge, die meist vom Ober-Rhein und Main kommen. Dieselben sind spezifisch viel leichter als das Wasser, daher sie das Floss sehr gut tragen. Über die Tannen wird Eichenholz gepackt, die geraden Stämme zur Seite, das zum Schiftbau bestimmte Krummholz in die Mitte. Bohlen, Dielen und Fassdauben bilden sodann die obere Lage und das Ganze wird durch die Abwechslung in der Richtung der Holzstücke, welche die einzelnen Lagen bilden, sowie

Bild 138. Flosstrieb auf der mittleren Donau.

durch übergenagelte Leisten fest verbunden und endlich mit Bohlen von geringerem Werthe überdeckt. Für die Arbeiter werden besondere Gänge eingerichtet, über welche Laufdielen führen.

Auch die Wolga befahren zuweilen grosse Flösse von 100 m Breite und 300 m Länge, welche von 400 Mann bedient werden und bis 18 000 t auf einmal befördern können. Auf einem solchen mächtigen Flosswerke muss die ganze Besatzung auch während der Nacht und selbst wenn die Reise durch widrige Winde Wochen lang unterbrochen werden sollte, versammelt bleiben. Die Leute haben deshalb vollständige Wohnungen, Verpflegsräume, Küche und Werkstätten, so dass manches Floss wegen der Menge der darauf stehenden Hütten das Ansehen eines Dorfes bietet.

Im Bilde 139 ist ein eigenartiges Floss dargestellt. Dasselbe wird in einem eigenen kielförmigen eisernen Dock zusammengestellt, vollkommen seetüchtig versteift, mit schweren Ketten umwunden und vom Columbiastrome längs der pazifischen Küste nach Californien geschleppt. Das Floss ist 130 m lang, hat einen Breitenumfang von 35 m und enthält 166 000 Längenmeter

Digitized by Google

Baumstämme, hauptsächlich Schiffsbauholz, mit einem Gesammtgewichte von 6000 t. Die Entfernung von der Mündung des Columbia bis San Francisco, 700 Meilen, legt ein stärkerer Seebugser mit demselben in 12 Tagen zurück.

Flossmanöver. Alle mit der Strömung treibenden Flösse lassen sich nur schwer in den richtigen Stromkurs bringen, weshalb sie sowohl am vorderen, als auch am hinteren Theile lange Schwengelruder, die grösseren ausserdem noch eine entsprechende Anzahl Seitenruder, Riemen, erhalten. (Bild 138.) In voller Fahrt lenkt man sie dadurch, dass man mit den langen Rudern abwechselnd nach der einen oder der andern Seite quer gegen den Strom schlägt, wodurch dem Floss die jeweilig erforderliche Drehung ertheilt wird. Diese dem Flosse gegebene Bewegung ist aber im Vergleich zu der Geschwindigkeit, womit das Floss stromabwärts treibt, meist eine sehr geringe, und man muss deshalb immer zeitig genug, schon ehe eine seichte Flussstelle, Kiesbank oder ein bergfahrendes Fahrzeug deutlich sichtbar wird, mit der Handhabung der Ruder beginnen. Die Führer grösserer Flösse und Ruder-

Bild 139 Seetüchtiges Baumfloss vom Columbiastrome.

schiffe müssen daher sowohl das Fahrwasser, als auch die Stärke und Richtung der Strömung an allen einzelnen Stellen genau kennen und wird deren Führung nur den geschicktesten Steuerleuten, Naufführern, anvertraut Wenn die Sohle des Flussbettes dazu geeignet ist, so werden grosse Flösse auch durch hinten ausgeworfene Anker, Kukasanker, die man an langen Tauen nachschleppen lässt, in die entsprechende Fahrrichtung gebracht.

Beim Landen eines Flosses ist besondere Vorsicht nothwendig. Das Floss darf nicht auf Untiefen auflaufen, weil es sich bei seiner grossen Masse darauf so fest aufschieben würde, dass es davon nicht mehr abgebracht werden kann. In diesem Falle müsste es entweder, so weit es aufliegt, in die einzelnen Stämme zerlegt oder aber zur Flottlegung ein höherer Wasserstand abgewartet werden. Einzelne Anker sind bei grossen Balkenflössen nicht im Stande, dasselbe schnell genug anzuhalten, und wenn dieselben in der Flusssohle auch hinreichenden Widerstand finden sollten, so würden die Ankertaue bei dem grossen Moment der Bewegung meist zerreissen. Man muss also dafür sorgen, dass beim Landen die Fortgangsgeschwindigkeit nach und nach durch Auswerfen mehrerer Anker an verschieden langen Tauen vermindert und das

Digitized by Google

Floss langsam zum Stillstande gebracht wird. Die einzelnen Taue werden sodann vorsichtig gleichtragend gemacht.

Auf einen lebhaften Dampfschiffverkehr wirkt die Flösserei insbesondere dann störend, wenn die Flösse nicht in grösseren Entfernungen von einander fahren, weil dann das Ausweichen der bergfahrenden Dampferanhänge unter Umständen sehr erschwert wird, und nicht selten zu Zusammenstössen, Einrinnen der Flösse, führt.

Auf manchen Strömen, wie beispielsweise am mittleren Rheine und der Wolga, werden deshalb die grossen Flösse auch mittels Dampfer geschleppt. Am Mississippi geschieht dieses durch Heckraddampfer, welche die zusammengekuppelten Flösse von rückwärts zu Thal schieben, und deren Fortgangsgeschwindigkeit bei kritischer Dampferbegegnung rechtzeitig hemmen.

Ruderschiffahrt zu Thal. Der Flossbetrieb ist, weil er nur zu Thal geht, für eine regelmässige Waarenbeförderung nicht geeignet. Diese wird mittels Schiffen, welche zu Thal durch die Strömung und Ruder, zu Berg durch Ziehen vom Ufer aus oder durch Dampfer oder aber durch Segel fortbewegt werden, vermittelt und allgemein als Ruderschiffahrt bezeichnet.

Die ursprünglichste Art der Ruderschiffahrt ist die Kleinschiffahrt für den Nahverkehr, welche sich stellenweise bis auf den heutigen Tag

Bild 140. Holzplätte.

erhalten hat. Diese für eine einmalige Thaltreibung leicht gezimmerten Holzschiffe werden an ihrem Bestimmungsorte ausgeladen, zerlegt und als Brennholz verkauft. Für den örtlichen Verkehr, zur Verpflegung von Städten, dienen die etwas stärker gebauten Marktschiffe und Plätten, die zu Thal Steine, Ziegel, Sand, Brennholz, Thonwaaren und Erzeugnisse der Hausindustrie befördern und in leerem Zustande zu Berg durch Pferde, seltener durch Dampfer zurückgezogen werden. Ein kleines Ruderschiff ist im Bilde 140 gezeichnet. Diese werden Holzplätten genannt und verkehren auf der oberen Donaustrecke und im Wiener Donaukanale. Sie sind leicht, jedoch sorgfältig gezimmert und nehmen Ladungen bis 100 Tonnen. Einige heute noch bestehende Ruderschiffe der oberen Donau sind im Bilde 12, Seite 40 veranschaulicht.

Fortgangsgeschwindigkeit durch Stromantrieb. Die Fortgangsgeschwindigkeit eines mit dem Strome treibenden Schiffes ist je nach seiner Eintauchung und Lage gegen den Stromstrich verschieden, jedoch immer grösser als die Stromgeschwindigkeit. Ein Ruderschiff von 100 Tonnen Tragfähigkeit und 1,20 m Tauchung treibt auf der oberen Donau bei einer Stromgeschwindigkeit von 2 m in der Sekunde mit einer Fortgangsgeschwindigkeit von 4 m. Ein grosses Privatschiff mit 400 Tonnen Ladung und 1,50 m Tauchung erhält auf der mittleren Donaustrecke mit 1 m Stromgeschwindig-

Digitized by Google

keit einen Thaltrieb von 1,50 bis 2 m in der Sekunde. Auf der Elbe wurde beobachtet, dass bei einer mittleren Stromgeschwindigkeit von 1,04 m in der Sekunde ein kleiner Kahn 1,40 m, eine halbbeladene Zille 1,70 m, ein beladener Schlepp 1,80 m in der Sekunde zurücklegt.

Nachdem jedoch die Ruderschiffe, beispielsweise die grossen Donauplätten auf der oberen Strecke, meist von mehreren Schiffern kräftig gerudert und stets in der schärfsten Strömung geführt werden, so ist deren Fortgangsgeschwindigkeit oft eine bedeutend grössere. Von Passau bis Linz fährt in dieser Weise ein gut ausgerüstetes Ruderschiff zu Thal bei Niederwasser in 12 bis 13, bei Mittelwasser in 10 bis 11 und bei Hochwasser in 8 bis 9 Stunden, es legt somit in der Stunde 7 bis 9 km zurück.*)

Manöver mit Ruderschiffen. Die relative Bewegung eines Schiffes in der Naufahrt durch Thaltrieb ist jedoch im Allgemeinen eine geringe, was zur Folge hat, dass das Schiff dem Steuerruder nur langsam folgt. Es treten zudem noch die Umstände erschwerend auf, dass bei der Durchfahrt scharfer Krümmungen das Schiff stark der tangentialen Richtung folgt und daher leicht an das einbiegende Ufer geworfen werden kann. Dabei nimmt das Schiff, wenn es abgelenkt wird, zuerst eine schräge Richtung in der Art an, dass sein Hintertheil sich derjenigen Seite nähert, von der man es entfernen will. Das am weitesten hinausragende Steuerruder kann nun eine Sandbank berühren oder gar gegen eine Uferböschung stossen, in welchem Falle es als feste Drehungsachse wirkt, das Schiff dadurch seine freie Bewegung verliert und seiner ganzen Länge nach gegen das Ufer abfällt. Hierbei geschieht es nicht selten, dass die festeingelegten Steuerruder sich abheben und brechen. Auf denjenigen Stromstrecken, wo dieses besonders zu fürchten ist, erhalten deshalb die Steuer die Form und die leichte Befestigungsart der Schwengel- oder Streichruder, deren Handhabung schwieriger ist, die aber dafür wirksamer sind und kräftig ausheben, wodurch die Drehung des Schiffes schneller bewirkt werden kann.

Damit ein mit dem Strome treibendes Ruderfahrzeug in enger Durchfahrt oder schmaler Brückenöffnung durchkomme, wendet man, so wie bei den grossen Flössen, einen kleinen vierarmigen Kukasanker an, welcher vom Hintertheil mittels eines Taues auf Grund gelassen wird und das Schiff soweit festhält, dass es gerade in der Richtung des Stromstriches am Tau hängend durch die Enge „rinnen gelassen" werden kann. In ähnlicher Weise kann man auch mittels eines Bugankers ein Schiff bergfahrend durch eine enge Fahrt „vorholen".

In scharfer Strömung und engem Flussquerschnitte bildet für das thaltreibende Schiff das Wenden, um an das Ufer anzulegen oder im Strom zu ankern, ein schwieriges Manöver. Dies geschieht gewöhnlich derart, dass

*) Die Thatsache, dass ein Schiff im Thaltrieb eine grössere Geschwindigkeit annimmt, als das Fahrwasser selbst, wird durch die Wirkung der Komponente der Schwerkraft erklärt, die bei grösseren Flussgefällen, wie $\frac{1}{2000} = 0{,}5$ pro ‰ oder $\frac{1}{1000}$ = 1 pro ‰, 0,5 beziehungsweise 1 kg für die Tonne Schiffsgewicht ausmacht und als Triebkraft auftritt. Bei der Bergfahrt vermehrt diese Kraft den Schiffswiderstand.

Digitized by Google

das Schiff so gesteuert wird, dass seine Spitze in einen Theil des Strombettes tritt, wo die Strömung nur schwach ist, während der hintere Theil desselben im stärkeren Strom bleibt. Der Achter wird nun von diesem abwärts getrieben, wodurch die Wendung von selbst erfolgt. Man befördert diese noch durch Absetzen mit Stangen, oder durch Anwendung des Schorrbaums (siehe S. 112). Wenn das Schiff nicht schwer beladen und genügend stark gebaut ist, pflegt man es auch mit dem Vordertheil gegen ein Ufer oder eine schleusige hohe Sandbank stossen zu lassen. Der Strom dreht es dann rasch in die beabsichtigte Richtung, wobei zugleich die fortschreitende Bewegung des Schiffes gemässigt, der Anker geworfen und das Hafttau ans Land gebracht wird. Letzteres darf nie plötzlich festgehalten werden, weshalb man es ein- oder zweimal um den Büffel schlingt und es langsam so lange nachhängt, bis das Schiff seinen starken Vorwärtsgang verloren hat.

Fähren. Zu den Beförderungsmitteln des Nahverkehres gehören noch die Fähren und Überfuhrplätten. Letztere (Bild 141) stellen die ursprünglichste Bauart eines Schiffes dar. Sie werden nur in mässiger Strömung

Bild 141. Ueberfuhrplätte auf der mittleren Donau.

verwendet, indem man sie mittels Ruderkraft von einem Ufer auf das andere führt.

Die Fähren werden dagegen durch die Stromkraft zwischen den beiden Ufern bewegt. Quer über dem Flusse wird ein Drahtseil gespannt, an welchem man die kleineren, an einer Hilfsleine hängenden Fährboote mit der Hand über den Fluss vorholt, während die grossen Fähren durch Laufrollen und Hängeseil mit dem Hauptseile verbunden sind und durch die Strömung allein auf das gegenüberliegende Ufer getrieben werden. Gewöhnlich ist eine Laufrolle am Buge und eine am Achter der Fähre befestigt, während in der Schiffsmitte eine Seilscheibe steht. Sobald das Hauptseil mit der Scheibe und einer der Laufrollen in einer Richtung steht, kommt die Fähre ins „Gieren", d. h. ihre Längsachse nimmt eine gegen den Strom geneigte Lage an, wodurch die Stromkraft zerlegt und die Fähre in der Richtung einer Seitenkraft einem Ufer zugetrieben wird. Um die Steuerung zu unterstützen und den Strom-

Digitized by Google

antrieb zu vergrössern, werden durch Winde und Kette zu hebende Holzwände, Schwerter, quer in die Stromrichtung gesenkt. Eine Abart bilden die fliegenden Fähren oder Brücken, welche an einer langen, in der Strommitte verankerten Kette befestigt sind und ebenso wie die Seilfähren durch die Stromkraft hin- und herbewegt werden. Die Kette wird durch eine Anzahl Giernachen über Wasser gehalten. Die fliegende Brücke ist gewöhnlich eine grosse auf zwei Pontons lagernde Plattform, welche sich an zwei von den Ufern in den Strom gebauten Landungsbrücken anlegt. Die niederen Seilfähren müssen bei Vorbeifahren von Flössen oder Schiffen das Seil auf die Flusssohle niederlassen, die fliegenden Fähren an eine Stromseite anlegen. Das Querseil der Hochfähren muss auf Ständern so hoch gespannt sein, dass Dampfer mit aufgestelltem Schornstein unterhalb desselben

Bild 142. Trajektschiff im Schlepptau.

passiren können. Zu den Fähren sind endlich noch die Trajektschiffe (Bild 142) zu zählen.

Ruderschiffahrt zu Berg. Fluss- und Kanalschiffe. Die für den weiten Fluss- und Kanalverkehr, sowie für den Dampfschleppzug zu Berg geeigneten Schiffe sind sorgfältig konstruirte Bauwerke mit grossen Fassungsräumen und für alle Ladungsgattungen verwendbar. Jeder Strom hat seine eigenthümlichen Bauformen, welche die verschiedensten Benennungen führen: Ruderschiff, Privatschiff, Frachtschiff, Frachtkahn, Frachtboot, Barke, Prahm, Plätte, Schute, Pinasse, Penische und Schlepp.

Bevor jedoch diese, die eigentliche Binnenschiffahrt vermittelnden Fahrzeuge geschildert werden, und damit man die in den folgenden Absätzen bezüglich der Schiffsformen und des Schiffsbaues vorkommenden Fachausdrücke

Digitized by Google

verstehe, müssen vor Allem die allgemeinen und wichtigsten Begriffe über den Schiffbau in Kürze klargelegt werden:

Darstellung und Beschreibung eines Schiffskörpers. Die Darstellung einer Schiffsform in verjüngtem Massstabe erfolgt, wie Bild 143 zeigt, im Spantenrisse, im Aufrisse und im Wasserlinienrisse. Im Bilde sind die Spantenlinien mit S, die Wasserlinien mit W und die senkrechten Längenschnitte mit R bezeichnet. Im Spantenrisse stellen die Kurven zur Linken der Mittellinie xy die Spantlinien der hinteren, und die zur Rechten jene der vorderen Schiffshälfte dar. Unterscheidet man die Projektionen in den betreffenden Projektionsebenen durch ′ ″ und ‴, so bilden die geraden Linien W′ W‴, S′ S″ und R″ R‴ das Netz; W″, S‴ und R′

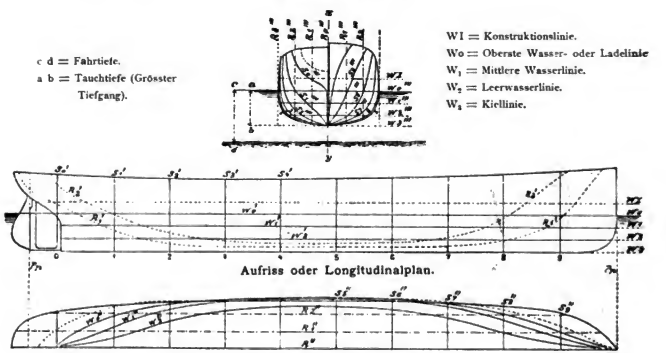


Bild 143. Konstruktionsdarstellung eines Schiffskörpers.

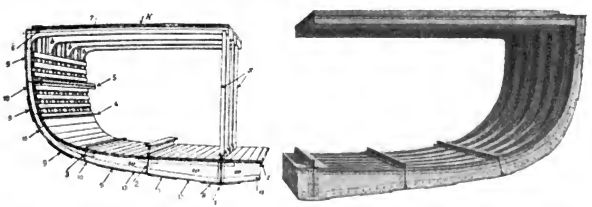
das Liniensystem des Schiffes. Die mit ′ bezeichneten Linien bilden den Aufriss, die mit ″ den Grund- oder Wasserlinienriss und die mit ‴ den Spantenriss. Die einzelnen einem Schnittsystem angehörigen Linien werden durch $_{0\ 1\ 2\ 3\ \ldots\ n}$ von einander unterschieden, so dass W_0'' W_1'' W_2'' . . . . W_n'' die Wasserlinien in der Reihenfolge von oben nach unten, S_0''' S_1''' S_2''' . . . . S_n''' die Spantlinien von hinten nach vorne bedeuten.

Die Massangaben eines Schiffes beziehen sich immer auf jenen Zustand, in welchem es mit voller Ladung in ruhigem Wasser schwimmt. Die Schnittlinie der Wasserfläche mit dem äusseren Schiffskörper ist die oberste Wasserlinie oder Ladelinie, jene in halber Höhe zwischen der obersten Wasserlinie und der Kielebene die mittlere, und endlich jene, in welcher der Wasserspiegel das unbeladene Schiff schneidet, die unterste, oder Leer-

Digitized by Google

wasserlinie. Die grösste Länge der von der obersten Wasserlinie in vollbeladenem Zustande umschlossenen Ebene heisst die Schiffslänge, deren grösste Breite die Schiffsbreite. Der Abstand der tiefsten Stelle des Kiels von dieser Ebene ist der Tiefgang oder die grösste Tauchung. Der an der Stelle der grössten Breite rechtwinkelig zur Schiffslänge gelegte Querschnitt durch das ganze Schiff ist der Hauptspant oder Nullspant, der von diesem unter der obersten Wasserlinie gelegene Theil der eingetauchte Hauptspant. Der Vordertheil des Schiffes wird Bug oder Vordersteven, der Hintertheil Achter oder Hintersteven genannt. Mittschiffs nach vorne gesehen, wird die linke Seite mit Backbord und die rechte mit Steuerbord bezeichnet.

Die an den Schiffsboden sich anschliessenden Theile eines Spantes nennt man die Aufkimmung oder die Kimm. Man unterscheidet eine eckige und eine runde Kimm. Erstere wird bei den flachgehenden Flussschiffen, letztere bei grösserem Tiefgange und wegen der Schlingerbewegungen bei Seeschiffen, insbesondere bei Seglern, angewendet. Die an die Kimm sich anschliessenden Bordwände steigen bei Flussdampfern senkrecht an, bei Seedampfern be-



1. Kiel. 2, 3. Seitenkiele (Kielschwein). 4, 5. Längsverbandstücke. 6. Stringerplatten auf den Balkenenden. 7. Verstärkungsplatten auf den Deckbalken. 8. Kielplatten der Aussenhaut. 9. Abliegende Plattengänge. 10. Anliegende Plattengänge. w. Bodenwrangplatten. a. Aeussere Spantwinkeleisen. i. Innere Spantwinkeleisen. S. Deckstützen.

Bild 144. Querschnitt eines eisernen Schiffskörpers.

kommen sie meist eine nach oben einfallende, etwas gebogene Form. Endlich wird ein Schiff, je nachdem der hintere oder der vordere Tiefgang grösser als der mittlere ist, steuerlastig oder kopflastig benannt. Die übrigen bezüglich eines Schiffskörpers gebräuchlichen Fachausdrücke sind dem im Bilde 144 dargestellten Schiffsquerschnitte zu entnehmen.

Deplacement und Völligkeit. Unter Deplacement versteht man den Kubikinhalt des vom Schiffe verdrängten Wassers, wenn es bis zur obersten Wasserlinie eingetaucht ist. Das Gewicht dieser Wassermasse ist, 1 cbm = 1 Tonne Wasser, gleich dem Gewichte des Schiffskörpers sammt Ausrüstung und voller Ladung, bei Dampfern mehr dem Gewichte von Maschine und Kessel. Die Lade- oder Tragfähigkeit eines Schiffes ist demnach gleich dem Deplacementgewichte weniger dem Gewichte des Schiffskörpers sammt Ausrüstung, Maschine und gefüllten Kesseln.

Digitized by Google

Der Völligkeitsgrad eines Schiffes ist das Raumverhältnis des Deplacements zu dem Prisma, welches als Länge die grösste Länge des bis zur obersten Ladelinie eingetauchten Schiffes und als Grundlinie das Areal des eingetauchten Hauptspantes hat. Es bildet demnach das Deplacement immer einen gewissen Theil des um das Schiff beschriebenen Parallelepipedes (Bild 145) und ist selbstverständlich stets kleiner als dessen Produkt L. B. T und diejenige Zahl, der Völligkeitsgrad, welche angiebt, den wievielten Theil

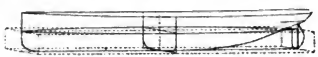


Bild 145.

von diesem Produkte das Schiff einnimmt. Beträgt bei grösster Länge L = 49,36 und Hauptspantareale = 6,00 · 1,30, der Kubikinhalt 385 008 cbm und das Deplacement 317 202 cbm, so ist

$$385\,008 : 317\,202 = 1 : \alpha \text{ oder}$$

$$\text{der Völligkeitsgrad } \alpha = \frac{317\,202}{385\,008} = 0{\cdot}824$$

Je grösser der Völligkeitsgrad ist, umso grösser ist das Deplacement und die Tragfähigkeit, und umgekehrt. Der Völligkeitsgrad bietet demnach den Massstab für die Ausnützung der Hauptabmessungen des Schiffsgefässes. Je nach der Bauform beträgt derselbe bei schlanken, schnellfahrenden Flussdampfern 0,60 bis 0,75, bei vollgebauten 0,80, bei Eisenschleppen 0,80 bis 0,90 und bei den plumpen, kastenförmigen Kanalkähnen selbst bis 0,99. Bei sehr scharf gebauten Segelyachten ist α sogar 0,25. Im allgemeinen kann man sagen, dass das schärfer gebaute Schiff auch das schnellere ist, obwohl die Fahrgeschwindigkeit nicht allein von der Schärfe des Fahrzeuges abhängt.

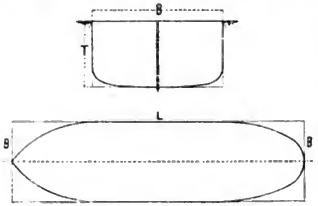


Bild 146.

So wie für das Deplacement ermittelt man auch für den Hauptspant und für die Konstruktions-Wasserlinie den Völligkeitsgrad, indem bei beiden das von ihnen eingenommene Areal mit dem umschriebenen Rechteck verglichen wird. Das Rechteck lautet beim Hauptspant B. T (Bild 146), und diejenige Zahl, welche anzeigt, den wievielten Theil dieses Rechteckes der in demselben liegende Hauptspant einnimmt, ist der Völligkeitsgrad des Hauptspantes, während die Seiten des die Wasserlinie umschreibenden Rechteckes L und B der Völligkeitsgrad der Konstruktions-Wasserlinie ist.

Durch diese drei Völligkeitsgrade ist man im Stande die Abmessungen eines Binnenschiffes ausreichend festzulegen, weil grosse Schwankungen in der Konstruktion der Schiffslinien nicht vorhanden sind, die Wasserlinien

Digitized by Google

aber vorne meist gerade, hinten etwas hohl verlaufen und die übrigen Spanten im Flussschiffbau gleichmässige, allgemein übliche Formen haben.

Tragfähigkeit und Schiffsvermessung. Vom Gesammtgewichte eines Schiffes entfallen in der Regel bei Holzbauten auf den Schiffskörper sammt vollständiger Ausrüstung 25 bis 40 pCt., auf die Ladung 60 bis 75 pCt. Bei grossen eisernen Schleppen kann dieses Verhältnis 15 pCt. zu 85 pCt. Ladung betragen. Die Ermittelung der Tragfähigkeit eines Schiffes erfolgt auf Grundlage genauer Berechnungen und wird in der Aichungstabelle, welche angiebt, wie viel Ladung der Schiffskörper bei jedem ganzen oder halben Decimeter Tauchung nehmen kann, verzeichnet.

Weil je nach der Grösse des Schiffes und seiner Ladung die Schiffahrtsabgaben, die Versicherungsgebühren und in der Regel der Schlepplohn für beigestellte Zugkraft berechnet wird, wird in manchen Ländern vom Staate aus eine einheitliche Vermessung vorgenommen, welche in den Schiffspapieren eingetragen ist. Hierdurch werden auch gefährliche Ueberlastungen von Schiffen hintangehalten. Die Vermessung der Schiffe erfolgt

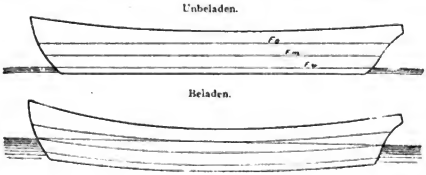


Bild 147.

entweder wie bei allen Seeschiffen und den Binnenfahrzeugen in Holland, Nordamerika und Canada nach dem Raumgehalte unter Deck und wird in Raumtonnen = 100 engl. Kubikfuss = 2,83 cbm bezeichnet oder aber sie erfolgt auf Grundlage der Wasserverdrängung des Schiffskörpers und wird in Kubikmeter Wasser, in Gewichtstonnen = 1000 kg ausgedrückt.

Natürlich muss eine vom Staate durchzuführende oder zu beaufsichtigende Schiffsvermessung in möglichst einfacher Form durchgeführt werden und sich daher mit hinreichend genauen Ergebnissen begnügen. Vom Centralverein für Hebung der deutschen Fluss- und Kanalschiffahrt in Berlin wurde 1888 für die Elbeschiffe eine einfache Vermessungsformel vorgeschlagen, welche das zwischen dem unbeladenen und vollgetauchten Schiffe verdrängte Wasservolumen wie folgt bestimmt:

Volumen des verdrängten Wassers in cbm $= V = \frac{\delta}{3}(F_u + 4F_m + F_o)$, worin F_u die Fläche der untersten oder Leerwasserlinie, F_o die Fläche der obersten oder Ladewasserlinie und F_m die Fläche der in halber Höhe zwischen F_u und F_o liegenden Wasserlinie, alle drei Grössen in Quadratmetern ausgedrückt, und δ die senkrecht gemessene Entfernung dieser Ebenen untereinander in Metern bedeutet. (Bild 147.) Diese Formel giebt für den praktischen Betrieb,

Digitized by Google

wenn vorher die Freibordhöhe, von welcher natürlich die Lage der Ladewasserlinie F_o abhängt, genau ermittelt und vorgeschrieben wird, ein genügend genaues Ergebnis. Die Verschiedenheiten, welche sich in Folge der Durchbiegung der Schiffe ergeben, können durch Erfahrungsziffern berücksichtigt werden, welche bei ausschliesslich aus Holz erbauten Schiffen 20 bis 45 cm, bei Schiffen mit eisernen Bordwänden nicht selten bis 10 cm betragen. Zur Ueberprüfung der Schiffsaichung und zur Vermessung der Ruderschiffe dient die im Abschnitte 10 am Querschnitte des Elbekahnes gezeichnete Messlatte

Stabilität des Schiffes. Metacentrum. Wichtig ist noch die Bestimmung der Stabilität eines Schiffes, obwohl im Flussschiffahrtsbetrieb auf den Schiffsrumpf nicht annähernd so starke Angriffsmomente wirken als bei Seeschiffen, bei welchen die Stabilität nicht nur durch die jeweilige Beladung,

Luntras. Privatschiffe. Grosse Steinplätte.

Bild 148. Einsturz einer Joch-Brücke über die Theiss.

sondern auch noch durch die oft heftig wirkenden Angriffe des den Rumpf seitlich und rechtwinkelig treffenden Windes und durch den hohen Wellengang beeinflusst wird.

Sobald auf den Querschnitt eines Schiffskörpers ein bestimmtes Angriffsmoment stattfindet und eine seitliche Neigung des Schiffes eintritt, entfernt sich der sonst senkrecht oberhalb des Deplacements-Schwerpunktes liegende Schwerpunkt des Schiffes in horizontaler Richtung von ersterem und es bilden die dadurch auftretenden Kräftepaare im Schnittpunkte der Auftriebsrichtung mit der Mittellinie der Schwimmachse des Schiffes, im Metacentrum, einen Neigungswinkel, welcher die Krängung des Schiffes anzeigt. Je kleiner dieser Krängungswinkel ist, umso leichter richtet sich das Schiff wieder in seine ursprüngliche Schwimmlage auf, umso stabiler ist es. Ueberschreitet die Krängung jedoch eine bestimmte Grösse, so kann das Schiff sogar kentern.

Digitized by Google

Die Lage des Metacentrums ist für sehr geringe Querneigungen des Schiffes als konstant anzunehmen. Ist jedoch beispielsweise das Schiff derart ungünstig beladen, dass der Schwerpunkt desselben über dem Metacentrum zu liegen kommt, so ist selbstverständlich gar keine Stabilität vorhanden und das Schiff muss beim geringsten Angriffsmoment umkippen. Liegt dagegen der Schwerpunkt des Schiffes genügend tief unter dem Metacentrum, so kann das Angriffsmoment bei Sturm und Wellengang auch sehr stark sein, ohne dass das Schiff einen gefährlichen Krängungswinkel erreicht.

Die Stabilität eines Schiffes kann demnach durch richtige Beladung desselben erhöht werden. Eine schwere tief angebrachte Last, etwa Eisenschienen, bewirkt eine grosse Stabilität. Bei nicht genügender Ladung muss ein labiles Schiff Ballast erhalten. Breitere und tiefertauchende Schiffe sind stabiler als schmale und seichte. Ein wenig stabiles Schiff wird als rank, ein stabiles als steif bezeichnet. Die seitliche Aenderung der Querlagen nennt man das Schlingern oder Rollen, die durch die Wellenberge und Wellenthäler verursachte Hebung und Senkung des Vorder- und Hinterschiffes das Stampfen des Schiffes.

Donauruderschiffe. Die für den Fernverkehr geeigneten Ruderschiffe der mittleren Donau weisen im allgemeinen drei Bauarten auf:

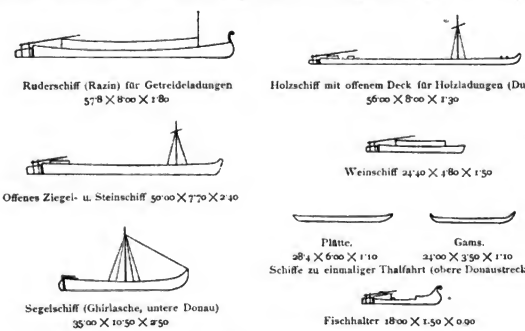


Bild 149. Bauformen der hölzernen Donauschiffe.

Das eigentliche typische Ruderschiff der mittleren Donau, das Privatschiff, welches einen geraden vorderen und hinteren Steven hat, stark und sorgsam gezimmert und für Getreideladungen geeignet ist; die Luntras von ähnlicher jedoch schwächerer Bauart mit gegen den Boden zu stark abnehmenden Bordflächen, welche zumeist in den Nebenflüssen der Donau verkehren und ein geringeres Tragvermögen als erstere haben, und die Plätten, welche viel kürzer als die Luntras, ohne Deckaufbau, also offen sind und sich nur für Ziegel-, Kohlen-, Holz- und Steinladungen eignen. Im Bilde 148

Digitized by Google

sind diese 3 Bauformen ersichtlich, während Bild 149 alle übrigen im Donaubetriebe üblichen Holzschiffe darstellt.

Die grossen Privatschiffe, auch Razin benannt, sind aus Eichenholz erbaut. Deren Bemannung besteht je nach ihrer Grösse aus 3 bis 5 Mann und einem Steuermann, welcher oft gleichzeitig der Besitzer des Schiffes ist. Die Grösse des Schiffes wird nach der Anzahl der Dachabtheilungen desselben, der Deckeln, berechnet, die grössten haben 9 Deckeln mit zusammen 700 Tonnen Tragfähigkeit. Das im Bilde 150 gezeichnete Privatschiff hat 53,72 m Länge, 8,27 m grösste Breite und eine Höhe von 3,44 m; taucht im leeren Zustande 0,40 m, mit voller Ladung von 450 Tonnen 1,80 m. Bei dieser Tauchung hat der Körper eine Völligkeit von 80 pCt. Der Oberbau hat eine Länge von 46 m, eine Höhe von 1,44 m und eine Sohlenbreite von 7,27 m. Der Dachfirst ist 2,80 m breit, der um den Oberbau gehende

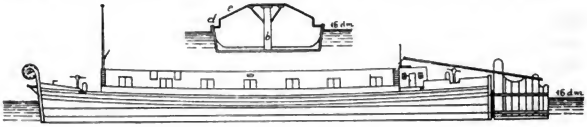


Bild 150. Razin für 450 t Getreide.

Laufladen 0,49 m breit. Die gegen Wellenschlag auf den Bordseiten aufgesetzten Windläden sind 0,50 m hoch. Der Körper ruht mit seinen Bordbalken auf 76 Rippen oder Kipfen, die entweder aus natürlichen starken Baumästen bestehen, oder zusammengefügte Holzspanten sind und die Seitenwandbalken tragen. Die einzelnen Körpertheile werden verschieden bezeichnet. Der Steven mit der reichverzierten „Schnecke" heisst Kranzelstock, der den Anker tragende Theil Schlangenkopf, der vordere Schiffstheil Kranzel, welchem das Verdeck mit den Böcken oder Büffeln, dem Gangspill und der vorderen und hinteren Wachbrücke folgen. Jeder Laderaum wird in der Mitte durch den Sössstall b, welcher bis unter den Dachspiegel reicht, in zwei Theile getheilt, jeder dieser Theile heisst Hambar. Durch

Digitized by Google

den Sössstall wird das sich im Schiffsboden sammelnde Wasser entleert. Der Oberbau besteht aus dem Fusstheile, den Windladen d und aus dem Dach e, welches mit Schindeln gedeckt ist und die Deckeln trägt. Die Wohnräume und die Küche für die Bemannung wird „Kuliba" benannt. Auf dieser befindet sich der Steuergang mit dem Steuerruder, Timon, welcher eine alterthümliche Bauart darstellt und aus einem Hebel besteht, auf dem ein 4 m² breites Holzruderblatt genagelt ist, das in einem Winkel von 40 Grad mit Zuhilfenahme langer Stangen mühsam gedreht wird. Zum Ueberlegen des Ruders eines beladenen Ruderschiffes sind oft 4 Mann erforderlich.

Bauart und Völligkeit der Holzschiffe. Die Ruderschiffe, sowie überhaupt alle aus Holz erbauten Fluss- und Kanalschiffe sind mehr oder weniger schwerfällige Bauwerke, haben im Verhältnis zu ihren Abmessungen eine geringe Tragfähigkeit, ergeben einen bedeutenden Zugswiderstand, lassen sich mit ihren unbeholfenen Steuerungseinrichtungen schwer steuern, erfordern fortwährende Erhaltungsarbeiten und haben eine verhältnismässig kurze Lebensdauer. Sie sind aus den örtlichen Bedürfnissen entstanden, indem sie sich dem Zustande des Flusses oder den Kanalabmessungen angepasst haben und stimmen miteinander nur insoweit überein, als sie alle einen flachen Boden und zumeist durch senkrechte Seitenwände gebildete Querschnitträume haben.

Die Holzschiffe werden aus Fichten, Kiefern, seltener aus Eichen erbaut. Die Bodenplanken liegen nach der Längenrichtung des Körpers, über diesen sind quer die eichenen Bodenträger, an welchen Holzkniee befestigt sind, welche als Spanten die Bodenplanken tragen, gelegt. Im unbeladenen Zustande tauchen sie je nach ihrer Grösse zwischen 0,30 bis 0,50 m mit der Körpermitte ein. Um die Borde gegen seitliche Pressungen widerstandsfähiger zu machen, bekommen die grösseren Holzschiffe innere Holzversteifungen.

Trotz dieser Versteifungen und sorgfältigster Bauausführung werden aber die einzelnen Körpertheile jedes Holzfahrzeuges durch die ungleichmässigen Belastungen immer verschieden beansprucht, was zur Folge hat, dass der ursprünglich in vollkommen ebener Lage gebaute Boden, wenn das Holzschiff einige Male mit vollen Ladungen belastet wurde, eine Formveränderung erfährt, welche sich auf die Seitentheile überträgt und den Schiffskörper schliesslich in der Mitte tiefer als an den Enden einsenkt. Diese Formveränderung wird mit dem Ausdrucke „das Schiff hat sich durchgeschlagen" bezeichnet. Derartige Durchbiegungen der Schiffsböden betragen im beladenen Zustande in der Mitte oft bis 0,45 m (siehe Bild 147). Im leeren Zustande sind wieder der die Anker- und Windevorrichtungen, sowie die Büffel haltende Vordertheil, ferner der das schwere Steuer und die Wohnungshütte tragende Hintertheil stärker belastet als die unbeladene Schiffsmitte, was auf die Beanspruchung des Baugefässes gleichfalls nachtheilig wirkt, weil sich nun die Schiffsenden unter ihre ebene Lage herabsenken.

Die Abmessungen der hölzernen Fluss- und Kanalschiffe sind je nach den von ihnen befahrenen Wasserstrassen sehr verschieden. Das Verhältnis der Körperbreite zur Länge schwankt zwischen 1 : 5 und 1 : 10, wobei die

Digitized by Google

Längen 30 bis 80 m, die Tauchtiefen 1,00 bis 2,50 m, die Ladefähigkeiten 200 bis 1000 Tonnen betragen.

Während die hölzernen Flussschiffe schärfer gebaut sind und Völligkeitsgrade von 80 bis 85 pCt. haben, weisen die Kanalschiffe auch an ihren Körperenden einen nahezu viereckigen Querschnitt auf und besitzen Völligkeitsgrade bis zu 95 pCt., einige Bauformen auf französischen Kanälen sogar 99 pCt. Derart vollgebaute Kanalschiffe sind die im Bilde 151 dargestellten Péniche, Flûte und Toue, während die Körperenden des preussischen Kanalschiffes, Bild 152, geschmeidiger gebaut und am Bug und Achter löffelförmig gestaltetsind. Natürlich erzeugt die grössere Völligkeit einen grösseren Formwiderstand während des Zuges, daher höhere Zugskosten, was jedoch bei im stromlosen Kanalwasser mit geringer Zugsgeschwindigkeit fahrenden Schiffen weniger zum Ausdrucke gelangt, als bei den in stärkerer Flussströmung zu Berg fahrenden Schleppen.

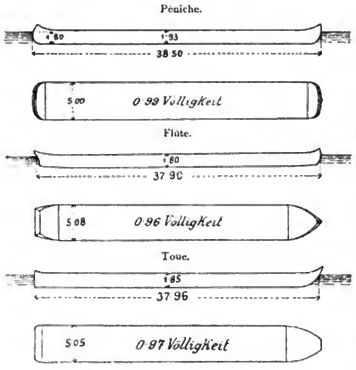


Bild 151. Französische Kanaltypen.

In ihrer Bauform von den Flussschiffen verschieden sind die Schiffe der Binnenseen und diejenigen Fahrzeuge, Haffschiffe, welche sowohl auf den Wasserstrassen des Binnenlandes, als auch an den Küsten verkehren und sich in ihrer Bauart mehr den Seeschiffen nähern. Sie haben einen Kiel und daher einen grösseren Leertiefgang sowie eine verhältnismässig geringere Länge als die übrigen Fluss- und Kanalschleppe, damit sie den im Mündungsgebiete herrschenden stärkeren Winden besser Stand halten können.

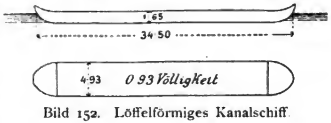


Bild 152. Löffelförmiges Kanalschiff.

Fortschritte im Holzschiffbau. Der immer mehr zunehmende Wettbewerb in der Schiffahrt hat dazu geführt, im Holzschiffbau solche Schiffsformen zu suchen, welche einerseits bei mässigem Leertiefgang eine grosse Tragfähigkeit, andererseits möglichst geringe Zugskosten ergeben. Man hat den Schleppkörpern geschmeidigere Formen zu geben versucht, indem man den Bug und Achter gegen den Kiel zu scharf abnehmen liess; man hat statt der senkrechten Seitenwände dem Körper, damit er dem Ruder empfindlicher folge, vorne und rückwärts die Form eines Löffels gegeben, man ist schliesslich auf der

Digitized by Google

Oder und der Elbe auf einen Mischbau aus Holz und Eisen übergegangen, indem man auf einen Holzboden eiserne Bordwände aufsetzte.

Die preussische Regierung hat 1889 einen Preis für einen besten Oderlastkahn ausgeschrieben. Einer dieser preisgekrönten Kähne ist im Bilde 153 dargestellt. Es ist ein auf Steven gebautes Schiff mit einfacher Segeleinrichtung und einem Gangbord, am hinteren Schiffsende mit Laufbänken versehen. Der Schiffsboden besteht aus Fichtenholz, mit welchem Eisenwände und Eisenschotten verbunden sind. Die Scheuerleiste, die Ruderpinne, das Deck und der Oberbau sind aus Holz, alle übrigen Bestandtheile aus Eisen. Der Körper hat 55 m Länge, 7,96 m, mit den Scheuerleisten 8,16 m Breite und in der Mitte 2 m Bordhöhe. Die grösste

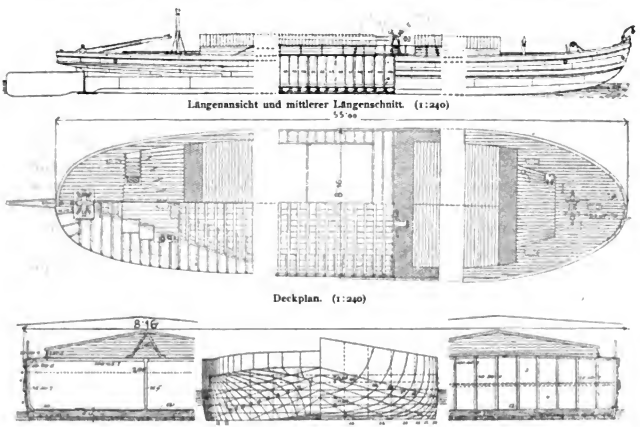


Bild 153. Löffelförmiger Frachtkahn mit 470 Tonnen für die Oder, den Oder-Spree-Kanal und die Spree bis Berlin (Entwurf Blümcke).

Höhe bis zum Dachfirst beträgt 3,10 m, die Länge des Laderaumes 43 m. Die Form des Vorderschiffes ist löffelförmig, während das Hinterschiff senkrechte Wände hat. Der Völligkeitsgrad beträgt bei voller Tauchung 0,82, das Eigengewicht ist sammt Ausrüstung 92 Tonnen, der Leertiefgang 0,30 m, die Tragfähigkeit 470 Tonnen bei grösster zulässiger Tauchung von 1,60 m, und 400 Tonnen bei einer Tauchung von 1,40 m. Bei niederstem Oderwasserstande von 1 m nimmt der Kahn noch 193 Tonnen. Die Baukosten betragen 27000 Kronen. Jedoch auch dieses sorgfältig, mit schönen Baulinien und wirthschaftlicher Tragfähigkeit gebaute Schiff hat noch immer den Nachtheil, dass sein Holzboden einen zu grossen Reibungswiderstand ergiebt.

Digitized by Google

Eisenschiffbau und Zunahme der Tonnengehalte. Die Nachtheile der Holzschiffe, insbesondere deren grosser Zugswiderstand (siehe Abschnitt 11) haben zur Folge, dass man in letzter Zeit allgemein auf den Eisenschiffbau übergeht, welcher es ermöglicht, Schleppe von grosser Tragfähigkeit bei wirthschaftlicher Zugkraft zu bauen.

Die immer grösser werdenden Verkehrsanforderungen, die modernen Zugsmittel, die durchgeführten Stromregulirungen und die Ausgestaltung der Wasserstrassen mussten eben dazu führen, in den Abmessungen der Binnenfahrzeuge immer weiter zu gehen. Während die alten Holzschiffe der Donau zu Beginn des vorigen Jahrhunderts, sowie die gedeckten Eichenruderschiffe der Theiss und der Save bei einer Länge von 40 m, einer Breite von 6 m und einer Tauchung von 1,2 m nur 100 bis 200 Tonnen Weizen nach Budapest und nach Raab beförderten, verkehren heute bis dahin Ruderschiffe mit 500 bis 700 Tonnen, bis Regensburg Eisenschleppe mit 600 Tonnen und in der untern Donau solche bis zu 1800 Tonnen Tragfähigkeit. Einzelne Schiffe, wie beispielsweise der Eisenschlepp „Dionysos" nehmen sogar 2000 Tonnen.

Vor 20 Jahren betrug die durchschnittliche Tragfähigkeit der eisernen Donauschleppe noch 300 Tonnen, während dieselbe heute bereits 420 Tonnen übersteigt. Die durchschnittliche Tragfähigkeit der eisernen Rheinschleppe war vor 20 Jahren 250, heute beträgt sie über 500 Tonnen. Auf der mittleren Rheinstrecke verkehren Kohlenschleppe mit einer Tragfähigkeit von 1500 Tonnen und die neuesten Boote des Unterrheines haben bei einer Länge von 94 m und einem Tiefgange von 2,70 sogar einen Tonnengehalt von 2070.

Nach dem Rheinschiffsregister betrugen die grössten Einzelladungen am Rheine:

1879	800	Tonnen
1884	1000	„
1890	1400	„
1892	1500	„
1894	1700	„
1896	1800	„
und 1899	2070	„

Auf der Elbe ist der Tonnengehalt von 100 auf 750 Tonnen, auf der Oder von 70 auf 470 Tonnen gestiegen. Die durchschnittliche Tragfähigkeit der in den letzten 20 Jahren gebauten hölzernen und eisernen Schleppe betrug auf der Elbe 350 und auf der Oder 250 Tonnen.

Die Tragfähigkeiten der Elbeschleppe waren:

1842	60	bis	150	Tonnen
1866	110	„	250	„
1880	170	„	500	„
1884	200	„	600	„
und 1899	350	„	750	„

In jüngster Zeit wurden einige Elbeschleppe mit 77 m Länge, 11,5 m Breite und 850 Tonnen Gehalt gebaut.

Digitized by Google

Die grösste Tragfähigkeit der Oderschleppe betrug:

1842	70 Tonnen
1874	150 „
1880	175 „
1887	400 „
1899	470 „

Grösste Eisenschleppe der Donau, des Rheines, der Elbe und Oder.
Die derzeit grössten Schleppe sind:

Donau	mit 90 × 12,2 m	2000 Tonnen		unterste Strecke
„	„ 87 × 10,2 „	1800	„	
„	„ 63 × 8,20 „	675	„	bis Regensburg
Rhein	„ 94 × 12,0 „	2070	„	Niederrhein
„	„ 85 × 12,0 „	1600	„	von Köln abwärts
„	„ 80 × 9,0 „	1100	„	bis Lauterburg
Elbe	„ 77 × 11,5 „	850	„	mittlere und untere Strecke
Oder	„ 55 × 7,4 „	470	„	kanalisirte und untere Strecke

Einfluss der Schleppgrösse auf die Betriebskosten. Mit der Zunahme der Tragfähigkeit der Schleppe nehmen selbstverständlich die Beförderungskosten ab. Man kann jedoch in den Abmessungen der Schiffskörper, abgesehen von deren schon durch die Verfassung des Flussbettes bedingten Grössenverhältnissen, nur bis zu einer gewissen Grenze gehen, weil sonst die zu ihrem Zuge nothwendige Kraft eine unwirthschaftliche Grösse erreicht.

Die Abmessungen der Fahrzeuge hängen übrigens auch von den kaufmännischen Erfordernissen ab. Es wäre beispielsweise zwecklos, 1000 Tonnenschleppe auf der mittleren und oberen Donau in Betrieb zu bringen, wenn erfahrungsgemäss die Kaufmannschaft zumeist 500 und nur in seltenen Fällen 600 Tonnen Ladungen Getreide auf einmal aufbringt.

Bei Kohle-, Stein- und Erzversendungen von grossen Lagerplätzen und im Umschlagsverkehr mit der See findet dagegen natürlich auch der grösste Schleppraum volle Ausnutzung. Die Kolosse des unteren Rheines mit 94 m Länge, 12 m Breite und 2,70 m Tiefgang finden beispielsweise für ihre Tragfähigkeit von 2070 Tonnen in den Häfen Westfalens ihre Ausnutzung an Kohle und in Antwerpen und Rotterdam immer volle Rückfracht an Getreide oder Erzen.

Gegenzug auf Flüssen, Treideln auf Kanälen. Der Bergzug auf Flüssen geschieht entweder vom Ufer aus durch thierische Kraft oder durch Dampfkraft. Erstere Zugsart heisst der Gegenzug, letztere der Schleppzug oder die Remorque.

Das Treideln und der Pferdezug sind insbesondere auf den Schiffahrtskanälen ausgebildet, weil dieselben auf diesen in beiden Richtungen hin stattfinden können.

Der Gegenzug auf Flüssen ist die ursprünglichste Art der Beförderung grösserer Fahrzeuge in der Richtung gegen den Stromstrich. Im Bilde 12, Seite 40 ist ein Gegenzug, so wie er auch heute noch ausgeübt wird, dargestellt.

Digitized by Google

Der Gegen- oder Pferdezug war vor Anwendung der Dampfkraft ein blühendes Schiffahrtsgewerbe und, in entsprechender Weise geregelt, vermittelte derselbe lange Zeit hindurch auch den Fernverkehr der Schiffe auf Flüssen und Strömen.

Heute ist der Gegenzug auf den grösseren natürlichen Wasserläufen vom Dampfbetrieb verdrängt und wird nur noch unter besonderen Verhältnissen auf einzelnen Flüssen ausgeübt. Auf Kanälen ist der Pferdezug jedoch noch allgemein das überwiegende Betriebsmittel. Auf einigen Kanälen, beispielsweise in Frankreich, wurde in letzter Zeit ein staatlich geregelter Pferdezug eingerichtet, welcher dem Schiffer gegen eine bestimmte Zugsgebühr zugewiesen wird. Meist führt aber der Schiffer seine eigenen Pferde mit, oder er miethet solche von den Anrainern. Im letzteren Falle läuft er Gefahr, dass er oft hohe Miethgebühren und die Kosten der Rückstellung der Pferde, die er für mehrere Tage genommen hat, bezahlen muss.

Das vom Flussufer aus zu Berg gezogene Schiff lässt sich scharf steuern, weil seine relative Geschwindigkeit gegen das Wasser gleich der Summe beider und daher sehr gross ist. Trotzdem erfordert seine Führung Vorsicht, besonders wenn der Zug der Leine von der Richtung des Fahrwassers stark abweicht. Wird nämlich dann das Ruder zu weit übergelegt, so wendet sich das Schiff noch weiter, die Strömung trifft es in seiner Breite, und es giert oder scheert von dem Leinpfade mit grosser Kraft ab. Hierdurch können nicht nur die Pferde in den Strom gezogen werden, sondern es kann auch das Schiff, da die Leine am Mast befestigt ist, sich seitwärts neigen, Wasser schöpfen und sinken. Tritt eine solche Gefahr ein, so muss die Leine schleunigst gelöst oder durchgeschnitten werden. Das Schiff wird nun von der Strömung abgetrieben, „überfällig", und treibt in der Strommitte weit hinab oder läuft auf einer dem Ufer gegenüberliegenden Sandbank fest.

Abgesehen von der sehr beschränkten Leistungsfähigkeit eines Gegenzuges in der Strömung eines Flusses, wird derselbe noch dadurch erschwert, dass bei dem wechselnden Stromstriche die Pferde bald auf das eine, bald auf das andere Ufer gebracht werden müssen, damit das Schiff in der erforderlichen Fahrtiefe gezogen werden kann. Um dieses zu bewerkstelligen, hat jedes Ruderschiff zur Ueberführung der Pferde ein Beifahrzeug, die Pferdeplätte. Das Uebersetzen von einem Ufer auf das andere, das Davonsprengen, ist in der Regel mit grossen Zeitverlusten verbunden; auf der Donau sind hierzu an breiten Stellen oft 3 bis 5 Stunden erforderlich.

Die Anzahl der verwendeten Pferde in einem Gegenzuge ist nach dem Wasserstande und der Strömung verschieden. Auf der mittleren Donau nimmt man für je 150 Tonnen Gesammtlast 2 starke Zugpferde, auf der oberen Donaustrecke sind für 50 Tonnen Nutzlast schon 3 Pferde erforderlich.

Die Bespannungen werden zumeist zu 2, 4 und 6 Pferden, oft eines noch als Leitpferd, genommen. Mehr wie 8 Pferde wendet man nicht gerne an, weil die Nutzarbeit des einzelnen Pferdes bei vermehrter Bespannung wesentlich abnimmt.

Ein im Zeitalter des Dampfes wunderlich anmuthender Gegenzug hat noch vor 20 Jahren zur Führung der Dampfer mit Schleppen durch die

Digitized by Google

Donaustromschnelle am Struden bestanden. Dem Dampfer wurden, hauptsächlich um durch Festhaltung seines Buges ein Verfallen desselben in den dortigen Querströmungen hinanzuhalten, 8 bis 10 Pferde, dem ersten Schlepp 10 bis 14 Ochsen und 8 bis 10 Pferde und dem zweiten Schleppe 8 Ochsen oder 10 Pferde vorgespannt!

Wirkungsweise und Leistung der Gegenzüge. Bei jedem Gegenzuge zerlegt sich der von der Leine ausgeübte Zug durch die Einwirkung der Strömung und Fortgangsgeschwindigkeit in zwei Kräfte (Bild 154). Eine Kraft wirkt in der Richtung des Zuges, die andere in der Richtung der Stromfäden. Letztere muss durch die Steuerung immer unwirksam gemacht werden, wodurch sich je nach der Grösse und Richtung der Strömung gegen das gezogene Schiff und je nach der Stärke des Zuges Verluste an der Zugkraft ergeben. Hieraus folgt, dass der Gegenzug nur auf Wasserläufen mit sehr geringer Strömung am Platze ist und ein wirthschaftliches Ergebnis nur auf stromlosen Kanälen liefern kann.

Bild 154 zeigt die geneigte Lage der Schiffe während ihres Gegenzuges. Im Falle a wird das Schiff durch Aufstellung des Steuerruders s verhindert, gegen das Ufer gezogen zu werden. Im Falle b wird dieses dadurch erreicht, dass das Hinterschiff gezogen wird und die Zugleine zum Vorderschiffe eine Bremsleine e bekommt. Bei Kanalschiffen wird die Zugleine gewöhnlich kurz genommen und auch unmittelbar am Buge angebracht, bei Flussschiffen wird behufs Erzielung einer wirksameren Steuerkraft die Leine lang und auf einem hohen Maste befestigt.

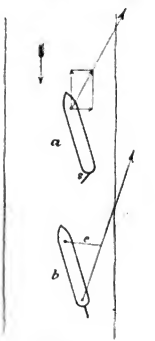


Bild 154.

Nachdem beim Gegenzug auf Flüssen je nach der Ufergestaltung der Abstand zwischen dem Schiffe im Strome und den Zugthieren am Lande wechselt, bekommt die Zugleine Doppelschläge, welche nach Bedarf nachgelassen oder eingeholt werden, wodurch der Zugleine die jeweilig erforderliche Länge gegeben werden kann. Immer muss aber die Zugleine in solcher Höhe befestigt sein, dass sie nicht auf der Flusssohle schleppen kann. Man verkürzt deshalb die Leine auch jedesmal soweit, als irgend geschehen kann, sie muss aber so lang bleiben, dass der Zug nicht gar zu schräg ausgeübt wird, wodurch derselbe zu sehr erschwert werden würde. Sobald also das Fahrwasser sich vom Leinpfade entfernt, muss die Leine verlängert, im entgegengesetzten Falle verkürzt werden. Entfernt sich das Fahrwasser aber sehr weit vom Leinpfade, so taucht die Leine, trotzdem sie hoch am Mast heraufgezogen ist, in das Wasser und sinkt oft bis zum Grund hinab. Die Leine kann nun am Grunde hängen bleiben, „eine Lieg bekommen", jedenfalls entfernt aber schon der Druck des Wassers die Leine aus der geraden Richtung und dadurch wird der Zug, den das Schiff erfährt, noch stärker dem Ufer zugekehrt, wodurch es abgewendet und seine Bewegung erschwert wird. In solchen Fällen wird das tiefe Eintauchen der Leine dadurch ver-

Digitized by Google

hindert, dass man in gewissen Entfernungen Kähne, Buchtnachen, darunter legt. In jedem dieser Nachen muss ein Mann sich befinden, der die Leine hält und darauf achtet, dass sie eine möglichst gerade Linie bildet. Die Führer der Leinpferde wissen sehr gut, welchen grossen Vortheil die Uebereinstimmung der Richtung der Leine mit der des Schiffes gewährt. Sie bleiben daher nicht immer auf dem Leinpfade, sondern nähern sich, soweit es geschehen kann, dem Fahrwasser. Oft reiten sie über die Uferränder fort, oft sogar auf lange Strecken im Flusse selbst, und scheuen es nicht, wenn auch stellenweise die Tiefe so bedeutend wird, dass die Pferde fast schwimmen. Wenn der Treppelweg nahezu rechtwinklig gegen die Leine gerichtet ist, so können die Pferde keinen Zug ausüben und sind dann der Gefahr ausgesetzt, in den Strom hinabgezogen zu werden. In solchem Falle pflegt man die Pferde in zwei oder drei Gruppen gehen zu lassen, deren jede eine besondere Zugleine hat.

Die Leistung eines Gegenzuges auf Flüssen wird durch mannigfache andere Umstände ungünstig beeinflusst. Ein die Breitseite des gezogenen Schiffes treffender stärkerer Wind kann den Widerstand derart erhöhen, dass der Zug zum Stehen kommt. Die Uebersetzung der Ufer, die Führung der Zugleine über am Ufer stehende Fahrzeuge und Brücken, die durch die Bodengestaltung und Witterungsverhältnisse auftretenden Erschwernisse und Aufenthalte ergeben weitere grosse Versäumnisse. Diese Einflüsse bedingen sehr verschiedene tägliche Fahrleistungen. In der Regel ergiebt ein sehr guter

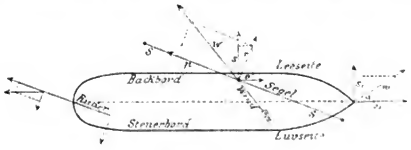


Bild 155.

Pferdezug auf Flüssen mit geringem Gefälle 3 km in der Stunde, der gewöhnliche Pferdezug jedoch kaum 2 km, so dass eine Tagesleistung nur mit 15 bis 20 km angenommen werden kann.

Auf Kanälen beträgt die durchschnittliche tägliche Leistung mittels Treidelns durch Menschenkraft, je nach der Grösse und Ladung des gezogenen Schiffes, bei einer Fortgangsgeschwindigkeit von 0,4 bis 0,5 m in der Sekunde 7 bis 15 km. Ein guter Pferdezug leistet dagegen 15 bis 20 km mit einem beladenen und 25 bis 30 km mit einem leeren Schiffe.

Segelbetrieb. Die Ausnützung der Segelkraft zum Antriebe von Schiffen ist nur für Binnenseen und für die im Flachlande gelegenen Mündungsgebiete der Ströme von Bedeutung. In Holland, im Norden Deutschlands und in Russland wird noch vielfach mit Segeln gefahren. In seltenen Fällen benutzen Ruderschiffe auch in oberen Flussstrecken für die Bergfahrt Segel oder unterstützen durch Aufsetzen eines Segels die Zugkraft der Pferde beim Gegenzuge.

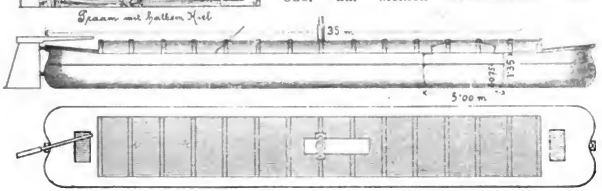
Digitized by Google

Die Wirkung des Windes beim Segeln wird durch die Abbildung 155 erklärt. Auf die bei Flussschiffen meist einfache Segelfläche SS fällt der Wind in der Pfeilrichtung schräg von der Steuerbordseite ein. Von seinen beiden Komponenten p und r wird letztere zerlegt in die Kraft s, welche das Schiff seitwärts, und in die Kraft v, welche das Schiff vorwärts treibt. In Folge der vom aufgestellten Ruder erzeugten Steuerwirkung bewegt sich das Schiff schliesslich in der Richtung w schräg nach vorwärts. Den von w und v_1 eingeschlossenen Winkel nennt man die Abtrift. In Folge des Winkels zwischen Segel und Schiffsrichtung sowie der Abtrift können Schiffe nur etwa unter 65 Graden gegen die Richtung des Windes, beim Winde, segeln. Liegt der beabsichtigte Kurs noch mehr der Windrichtung entgegen, so muss das Schiff in einer Zickzacklinie gegen den Wind aufsegeln, kreuzen oder laviren. Durch zu starkes Abtreiben können im begrenzten Fahrwasser eines Flusses die Segelkähne leicht auf Grund gerathen. Den Abtrieb verringern sie deshalb durch seitlich ausgehängte, senkrechte Holzflächen, die Schwerter. (Bild 156.)

Tjalk mit flachem Boden

Praam mit flachem Kiel

Schieben der Schiffe. Auf Kanälen oder auf kleinen Wasserläufen mit sehr mässiger Strömung und geringer Tiefe werden endlich die Kähne auch durch Schieben derselben mittels Stangen vorwärts bewegt. Der Gebrauch der Schiebestangen und Ruder ist jedoch mehr als Hilfsmittel zur Lenkung und Erhöhung der Steuerkraft der Schiffe in Uebung.



Schute mit Runddach (150 Tonnen).

(Die beiden oberen Kähne, die Tjalk und Praam, haben Aussenbordmitte Steuerschwerter.)

Bild 156. Niederländische Kanalboote mit Segel.

Digitized by Google

9. Abschnitt.

Dampfschiffahrt.

Papin, Fulton und Symington. Das wichtigste Fortbewegungsmittel der Binnenschiffahrt ist die Dampfkraft. Zum Antrieb von Schaufelrädern hat dieselbe zuerst Papin 1707 auf der Fulda benützt, nachdem er schon 1690 in seinem Werke „acta eruditorum" eine „athmosphärische Maschine zur Bewegung eines Schiffes gegen Wind und Strömung" angegeben hat. Nach einer Handschrift Leibnitz' ist es nachgewiesen, dass Papin am 27. September 1707 mit einem Schaufelradschiffe, welches Wasserdampf als bewegende Kraft benutzte, auf der Fulda in Münden angekommen, dass ihm dort von Seiten der Regierung die Erlaubnis zur Weiterfahrt nicht ertheilt wurde und ihm sein Schiff, als er die Durchfahrt mit Gewalt versuchte, von den dortigen Schiffern zerstört wurde.

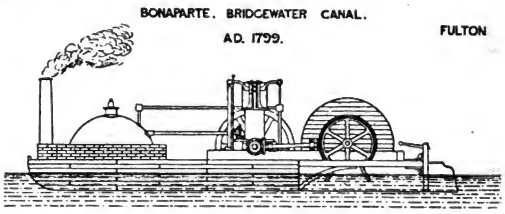


Bild 157.

Vielfach wird auch behauptet, dass Blasco de Gary den Dampf schon vor Papin zum Antriebe von Schaufelrädern verwendete. Dieser Irrthum ist dadurch entstanden, dass dieser spanische Schiffskapitän thatsächlich ein grösseres Schiff mittels Schaufelräder im Jahre 1543 im Hafen von Barcelona fortbewegte. Zur Umdrehung seiner zwei grossen Ruderräder benutzte er jedoch die Muskelkraft von je 40 Galeerensklaven.

Neunundzwanzig Jahre nach Papin's erstem Versuche hat sodann der Engländer Hulls ein Patent für ein Dampfboot genommen, „welches Schiffe oder beladene Kähne in Seehäfen, Flüssen, gegen Wind, Fluth oder Strömung ziehen sollte". Das von ihm erdachte Zugschiff hatte am Achter ein hölzernes Schaufelrad, welches mittels Seilantrieb von zwei gegeneinander arbeitenden Newcomen'schen Dampfcylindern in Drehung gesetzt wurde.

Nachdem Jouffroy 1780 auf dem Doubs und der Rhône, Miller und Symington 1788 mit der Watt'schen Maschine auf dem Clyde-Forth-Kanale und

Digitized by Google

zu gleicher Zeit Fitch und Rumsey auf dem Delaware und Potomak verschiedene Versuche mit mehr oder weniger Erfolg durchgeführt hatten, gelang es endlich 1799 dem Amerikaner Fulton, den ersten Dampfer im Bridgewater-Kanal in Betrieb zu bringen, mit welchem in der Folge eine grosse Zahl mit 10 Tonnen Kohle beladener Holzkähne nach Manchester geschleppt wurden (Bild 157).

Ueber Fultons spätere Versuche mit einem Schaufelraddampfer auf der Seine ist nichts näheres bekannt, wohl aber hat ihn sein glänzender Erfolg

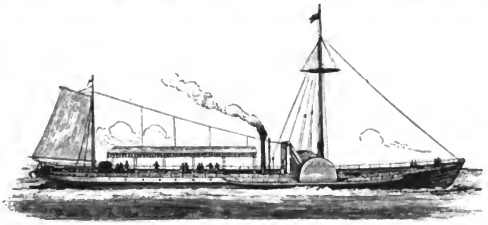


Bild 158. Fultons Cleremont.

mit dem „Cleremont" am Hudsonflusse zum Schöpfer der Dampfschiff fahrt gemacht! Unter dem Spotte der versammelten Menge, welche das Schiff „Fultons Narrheit" benannte, setzte er denselben am 7. Oktober 1807 stolz und sicher in Bewegung und machte mit ihm seine erste Fahrt von New-York nach Albany, 120 Seemeilen stromaufwärts in 30 Stunden. Der „Clere

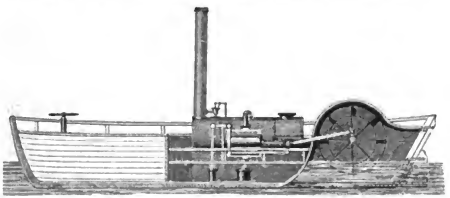


Bild 159. Symington's Charlotte Dundas.

mont" (Bild 158) hatte 42,67 m Länge, 4,57 m Breite, 2,25 m Bordhöhe und 0,70 m Tiefgang. Die Watt'sche Dampfmaschine mit 20 nom. Pferdekräften setzte zwei Seitenräder von je 8 Schaufeln mit 20 Umdrehungen in der Minute in Bewegung. Nach der Probefahrt wurde der „Cleremont" sofort für den regelmässigen Verkehr in Dienst gestellt und bereits 5 Jahre später waren in Nordamerika 50 derartige Flussdampfer in Betrieb.

Zum Schlusse muss noch hervorgehoben werden, dass auch Symington das Verdienst gebührt, auf seiner „Charlotte Dundas" (Bild 159), mit der er 1802 am Forth-Clyde-Kanale zwei Kanalboote schleppte, solche Verbesserungen

Digitized by Google

vereinigt zu haben, welche noch heute die Grundlage zum Bau von Dampfschiffen bilden.

Allgemeine Bauweise der Flussdampfer. Abgesehen von ihren geringen Abmessungen, kommen die Flussdampfer nicht so wie die Seeschiffe in die Lage, den Kraftwirkungen der anprallenden Wellen in ihrer Längsrichtung widerstehen zu müssen, weshalb sich in ihrer Bauweise besondere Eigenthümlichkeiten herausgebildet haben, welche sie von den Seeschiffen wesentlich unterscheiden. Wenn jedoch auch der Bau eines Seeschiffes gegenüber einem Flussdampfer weit umfangreichere und vielseitigere Einrichtungen bedingt, so sind die Aufgaben, welche die Flussschiffwerften zu lösen haben, darum ebenso schwierig, weil gerade die peinliche Innehaltung eines oft äusserst geringen Tiefganges bei geforderter hoher Geschwindigkeit, besonders für scharfe Flussströmungen den Bau sehr schwierig gestalten. Der bei weitem grösste Theil der Festigkeit eines Flussdampfers liegt in dem vorhandenen inneren Mittelkiele und einigen seitlichen Längsversteifungen, sonst aber hauptsächlich in den Blechen der Aussenhaut und der Deckverbindung. Eigentliche Längsverbindungen wie beim Seeschiff in den Kielschweinen, Seitenkielen, Stringern sind beim Flussschiffe nicht üblich. Dasselbe hat nur die regelmässigen Bodenstücke und statt der Seitenkiele und Stringer die ganz leichten, auf der Oberkante der Bodenstücke geführten und Rücken gegen Rücken genieteten Winkeleisen mit den zulässig geringsten Profilstärken.

Im Bau der Flussdampfer ist in letzter Zeit ein fast ebenso grosser Fortschritt eingetreten, als im Baue von Seeschiffen, dagegen liegt der Schleppbau, wie schon im Abschnitt 8 erwähnt, noch im Argen.

Personen- und Eilgutdampfer. Der Dampfschiffahrtsbetrieb theilt sich im allgemeinen in den Personendienst, in den Güterdienst und in den Schleppzugbetrieb.

Der Betrieb mit Personendampfern ist nur auf Binnenseen und unter gewissen örtlichen Verhältnissen auf einzelnen Stromstrecken von Bedeutung. Im grossen Ganzen kommt jedoch die Personenbeförderung mit Binnendampfern in Folge der verhältnismässig geringen Fahrgeschwindigkeiten, welche mit denselben selbst bei stärkster Maschinenanlage in dem begrenzten Fahrquerschnitte eines Flusses, gegenüber den grossen Geschwindigkeiten der Eisenbahnen erzielt werden können, erst in zweiter Linie in Betracht.

Durch vortheilhafte Schiffsformen und kräftige Maschinenanlagen wird die Geschwindigkeit der Personendampfer auf das Aeusserste zu erhöhen gesucht. Doch abgesehen davon, dass in dem begrenzten Flussquerschnitte durch die Erhöhung der Todtwassergeschwindigkeit über ein gewisses Mass, etwa über 23 bis 25 km in der Fahrstunde, der Widerstand des Schiffes und dadurch die Stärke und Kosten der Maschinenanlage ausserordentlich zunehmen, kann auch die Maschinenkraft nur in einzelnen sehr tiefen und breiten Flussstrecken voll ausgenutzt werden, weil in engeren und seichten Querschnitten eine grosse Wellenbildung eintritt, welche nicht nur wieder den Eigenwiderstand des Dampfers erhöht, sondern auch seine Steuerfähigkeit erschwert und die am Ufer vor Anker liegenden Schiffe und Bauwerke gefährdet.

Digitized by Google

Die gegenüber den Eisenbahnen um vieles geringere Fahrgeschwindigkeit der Personendampfer trachtet man dadurch wettzumachen, dass man auf letzteren den Reisenden den Aufenthalt an Bord so angenehm als möglich

Bild 160. Personendampfer „Fiume" der oberen Donau, 420 i. HP.

gestaltet, ferner die Beförderungspreise sehr niedrig hält. Aus diesem folgt aber, dass der Personendampfer ebenso bequeme als elegante Einrichtungen

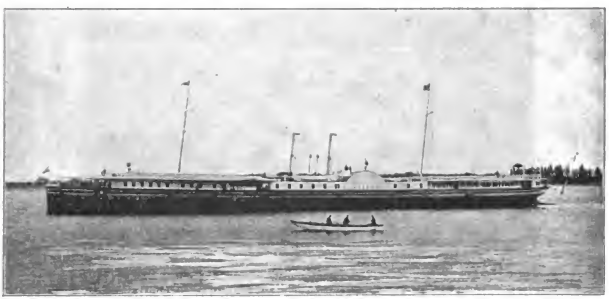
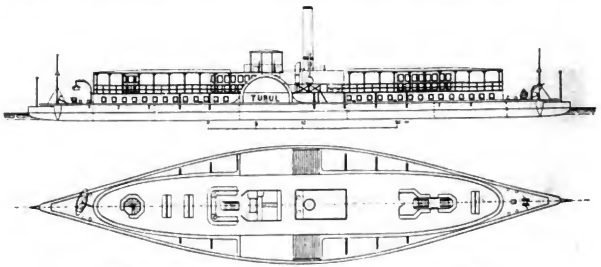


Bild 161. Personendampfer „Orient" der unteren Donau, 800 i. HP.

erhalten muss. In letzter Beziehung ragen insbesondere die neueren amerikanischen Flussdampfer hervor, von denen manche bezüglich ihrer Einrichtung nur mit den luxuriösen Seedampfern verglichen werden können.

Digitized by Google

Der Bau eines allen Bedingungen entsprechenden Flusspersonendampfers stellt an den Schiffbau nicht geringe Anforderungen. Sollen die Einrichtungen geräumig und vielseitig sein, soll die Maschine grosse Kraft entwickeln, um dem Schiffe eine entsprechende Geschwindigkeit zu ertheilen, so folgt, dass auch die Baugewichte zunehmen müssen. Dieses befriedigend innerhalb der



„Turul", 360 i. HP. (M. = 1:300). Länge 58·00 m, Breite 6·30 m, Tiefgang 0·80 m.

Bild 162. Personendampfer für den örtlichen Verkehr in Budapest.

gegebenen begrenzten Abmessungen des Schiffes und seines Tiefganges zu lösen, ist aber sehr schwierig.

Zunächst waren es die Ströme in der Nähe grosser Städte und grosse Binnenseen, auf welchen sich ein ausgedehnter Personenverkehr entwickeln konnte, wie beispielsweise am Hudson und Mississippi, auf der Themse und

Digitized by Google

am Clyde, sowie auf dem Rhein, der Donau und der Elbe, der Wolga und den grossen amerikanischen Binnenseen.

Auf der Donau wird heute ein ausgedehnter Personendienst ausgeübt, welcher aber, mit Ausnahme der Verkehrslinien der unteren Strecke, trotz entsprechendsten Betriebsmitteln mit den Bahnen in keinen erfolgreichen Wett-

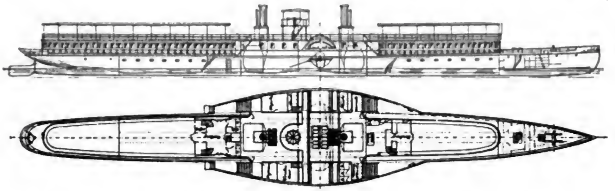


Bild 163. Rheindampfer „Wilhelm Kaiser und König". 800 i. HP.

bewerb treten kann. Die Bilder 160 und 161 zeigen die Bautypen für den Fernverkehr, während Bild 162 die Längenansicht und den Deckplan eines dem örtlichen Verkehr dienenden kleineren Schiffes darstellt.

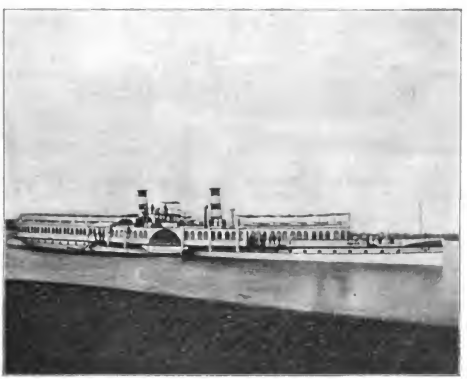


Bild 164. Rheindampfer „Auguste Victoria", 1500 i. HP.

Einen vorzüglichen Erfolg erzielt dagegen der Personenverkehr am Rhein zwischen Mainz und Köln. Im Personenverkehr steht die Rheinschiffahrt überhaupt zur Zeit in Europa an erster Stelle, obwohl wieder in anderer Richtung an die Donauschiffahrt durch die langen bis 1500 km zu durchfahrenden Personenstrecken und durch die dadurch bedingten Nachtfahrten ungleich grössere Anforderungen gestellt werden.

Digitized by Google

Die Einrichtung eines typischen Salondampfers am Rhein zeigt Bild 163. Derselbe hat eine Länge von 79,2 m, eine Breite ohne Räder von 7,30 m und leistet mit seiner Niederdruckmaschine bei durchschnittlich 42 Radschaufelumdrehungen in der Minute 800 i. HP. Auf den Salonaufbauten erstreckt sich von vorne bis rückwärts das Promenadedeck, welches durch ein Sonnensegel geschützt ist. Die breiten Treppen zu diesem Decke, an beiden Seiten der Radkästen angebracht, geben einen sehr bequemen Weg für die Reisenden von und an Bord. Unter den Salonaufbauten im Schiffskörper sind weitere elegante Räumlichkeiten und Kajüten angebracht, von welchen gleichfalls schöne Aufgänge auf das Schiffsverdeck führen. Auf den Donaudampfern sind an Stelle dieser Räumlichkeiten Schlafstellen angebracht.

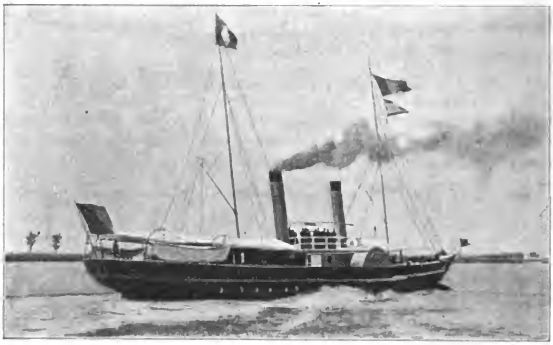


Bild 165. Personendampfer auf der Schelde.

Der von der Schiffswerfte Sachsenberg 1899 erbaute Salondampfer „Auguste Victoria" (Bild 164) ist noch grösser und eleganter, hat eine Länge von 82 m und leistet mit einer Compoundmaschine 1500 i. HP. Die Bergfahrt Köln bis Mainz legt er in $10^1/_2$ Stunden zurück.

Alle diese Typen sind Flachboote, während Bild 165 einen auf Kiel gebauten, übrigens in seinen Linien vornehmen Dampfer zeigt.

Auf der oberen Elbe wird der Personendienst durch kleine Dampfer vermittelt, welche, um einen geringen Tiefgang zu erzielen, sehr leicht gebaut und einfach eingerichtet sind. Auf der Oder besteht nur ein örtlich beschränkter Personenverkehr.

Im grossen Massstabe ist dagegen der Personendienst auf den Binnenseen und Strömen Nordamerikas eingerichtet. Die grossen Ströme Amerikas werden von keinen niedrig geführten Brücken überspannt, weshalb die dortigen Dampfer in ihren Höhenabmessungen nicht beschränkt sind und meistens 3 bis 5 Decks übereinander aufgebaut haben. Das Schiffsdeck hat gewöhnlich 3 m Bordhöhe, auf demselben liegt, über die Borde

Digitized by Google

zu beiden Seiten hinausragend und seiner ganzen Länge nach mit schräg liegenden Stützen am Verdeck abgesteift, das Huricandeck, welches dann noch 2 bis 3 weitere Stockwerke trägt. (Bild 166.) Die Höhe dieser Auf-

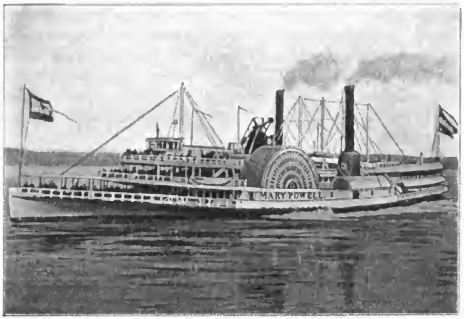


Bild 166. Mississippidampfer.

bauten, sowie das am obersten Deck vorne angebrachte kreisrunde Kommando- und Steuerhaus und der in der Schiffsmitte emporragende Balancier der

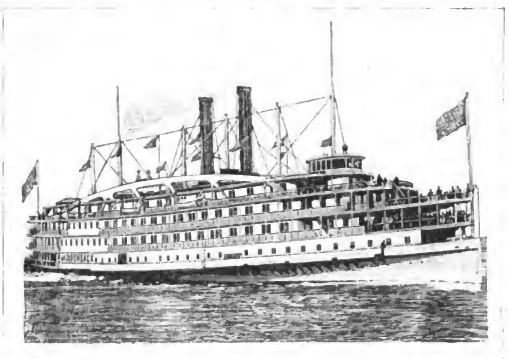


Bild 167. Hudsondampfer „Adirondack".

stehenden Watt'schen Eincylindermaschine verleihen dem Schiffe eine imponirende Grösse. Die grosse Strecken am Mississippi und Hudson befahrenden Dampfer haben Nachtdienst und sind sowohl zur Aufnahme bedeutender Frachtmengen, als auch für die Unterkunft zahlreicher Reisenden

Digitized by Google

eingerichtet. Die Mehrzahl der Dampfer ist aus Holz gebaut und hat noch einfache Niederdruckmaschinen mit hölzernen festen Schaufelrädern, welche aber wegen ihrer grossen Durchmesser bis 13 m eine günstige Schaufeleintauchung und daher trotz ihrer einfachen Konstruktion, einen guten Wirkungsgrad geben. In neuerer Zeit baut man jedoch die Schiffskörper aus Eisen und in Rücksicht der vielen Havarien und Unglücksfälle, welche früher vorgekommen, in demselben einen Doppelboden und wasserdichte Abtheilungen. Die Schiffe erhalten Compoundmaschinen und bewegliche Schaufelräder. Einer der schönsten und stärksten dieser amerikanischen Riesendampfer ist der zwischen New-York nach Fall River in Dienst gestellte „Adirondack",

Bild 168. Bergung eines bei Hochwasser nachts auf Land gefahrenen Personendampfers.

(Bild 167) welcher 8 Kessel mit einer Compoundmaschine von 7500 i. HP hat. Der Hochdruckcylinder hat einen Durchmesser von 1,90 m mit 2,75 m Hub, der Niederdruckcylinder 2,80 m Durchmesser und 4,25 m Hub. Die Räder haben einen äusseren Durchmesser von 10,50 m mit beweglichen aus Stahlplatten gekrümmten Schaufeln von je 4,35 m Länge und 1,50 m Höhe. Bei der Probefahrt legte die Maschine in 22 minutlichen Umdrehungen bei 7700 i. HP 34 km in der Fahrstunde zurück. Als grösstes und neuestes Schiff gilt die „Priscilla" mit 134,4 m Länge, 28,4 m Breite mit den Radkästen, einem Leertiefgang von 3,8 m, und einem Registertonnengehalt von 5398. Die 10 Cylinderkessel haben eine Heizfläche von 3255 m². Die Maschine indizirt 8500 HP. Bei einem gemeinsamen Hub von 3,36 m haben die zwei Hochdruckcylinder je 1,30 m, die zwei Niederdruckcylinder je 2,42 m Durchmesser. Bei der Probefahrt 1894 wurde die Strecke New-Port bis New-

Digitized by Google

York mit 160 Meilen in $7^1/_2$ Stunden zurückgelegt; die während dieser Fahrt erreichte höchste Geschwindigkeit betrug bei 23 Umdrehungen und 9000 i. HP 20 Seemeilen = 37 km.

Die Manöver und insbesondere die Nachtfahrten mit grossen schnellfahrenden Personendampfern erfordern bewährte Umsicht. Trotzdem ist es

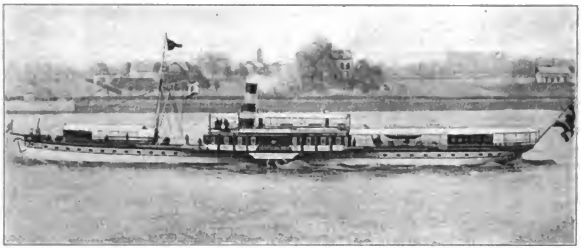


Bild 169. Personen- und Eilfrachtdampfer „Deutschland" für den Mittelrhein, 700 i. HP. 70.6 m lang, 8.0 m breit, mit Kohle 1.00 m tief.

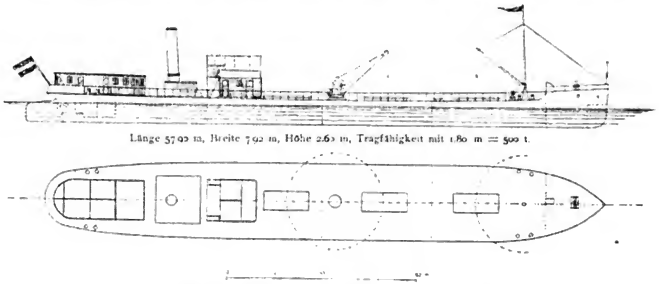
nicht ausgeschlossen, dass der Kapitän, wenn die Ufer bei Hochwasser oft meilenweit überschwemmt sind, den Fahrkurs übersieht und der Dampfer dann auf Land fährt. (Bild 168.)

Bild 170. Thalfahrendes Schraubenfrachtboot der mittleren Donau.

Der Betrieb mit freifahrenden Dampfern, welche Eilgüter und Frachten an Bord nehmen, ist schon von grösserer Wichtigkeit; nur muss dieser Eilgutdienst, um mit dem Eisenbahnbetriebe erfolgreich in Wettbewerb treten zu können, sehr gut eingerichtet und schlagfertig geregelt sein. Ein den

Digitized by Google

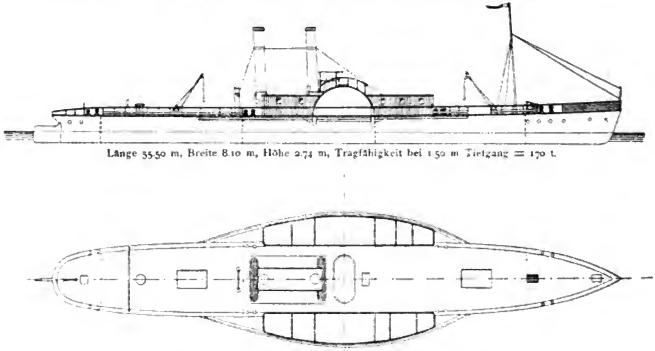
Güter- und Personendienst bedienender Rheindampfer ist im Bilde 169 dargestellt, während die Bilder 170, 171 und 172 die den Güterdienst auf der ungarischen Donaustrecke von Budapest nach Zimony besorgenden Schrauben-



Länge 57.92 m, Breite 7.92 m, Höhe 2.62 m, Tragfähigkeit mit 1.80 m = 500 t.

Bild 171. Schraubenfrachtboot „Ressel" mit 400 i. HP. (M. 1:500.)

dampfer und einen Eilfrachtdampfer der oberen Donau darstellen. Den Güterdienst auf der Donau, am Rhein und auf der Elbe siehe V. Theil.



Länge 55.50 m, Breite 8.10 m, Höhe 2.74 m, Tragfähigkeit bei 1.50 m Tiefgang = 170 t.

Bild 172. Eilfracht- und Zugdampfer „Adler" der oberen Donau mit 500 i. HP. (M. 1:500)

Zugdampfer, Schleppzugbetrieb. Ausschlaggebend für die Beurtheilung der Nutzbarkeit einer Binnenwasserstrasse bleibt jedoch immer und in erster Linie deren Eignung für einen wirthschaftlichen Schleppzugbetrieb. Auf Flüssen und Strömen wird der Schleppzug nur mittels Dampfer, auf Kanälen ausser durch solche noch mit verschiedenen anderen Zugseinrichtungen ausgeübt.

Digitized by Google

Zum Schleppzug auf Flüssen und Strömen benutzt man entweder freifahrende Dampfer oder Kettenschiffe oder Seiltauer. In allen Fällen zieht der Raddampfer, das Schraubenboot oder der Tauer die Schleppe mit Schlepptauen, an welchen diese einer hinter dem andern hängen. Als Schlepptaue werden entweder starke Hanfseile, gewöhnlich aus drei links geschlagenen Trossen im Kabelschlag zusammengedreht, oder aber aus Tiegelgussstahl erzeugte Drahttaue verwendet. Letztere sind rechts geschlagen und bestehen aus 5 bis 6 um eine Hanfseele geschlungenen Drahttrossen. Drahtseile werden in neuerer Zeit allgemein vorgezogen, weil sie bei gleicher Bruchfestigkeit und Tragkraft zweimal dünner und $^1/_4$ leichter als die Hanftaue sind.

Die Zahl der gleichzeitig geschleppten Fahrzeuge ist je nach den Verhältnissen der Fahrstrasse, der Strömung und der Maschinenstärke verschieden. Der Tauer hat im allgemeinen in der Bergfahrt eine höhere Zugsleistung als der freifahrende Dampfer, weil derselbe, indem seine Trommeln die Kette oder das Drahtseil aufwinden, an diesen immer einen festen Stütz-

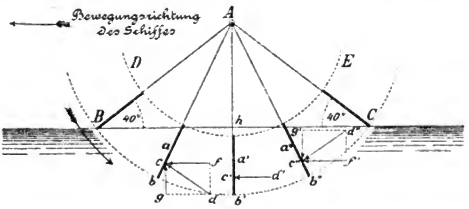


Bild 173.

punkt hat, während der Rad- oder Schraubendampfer im Wasser keine festen Stützpunkte findet, nachdem dieses dem auf ihn wirkenden Drucke der Schaufel- oder der Schraubenflächen ausweicht. Der Tauer legt daher den gleichen Weg zurück, welcher der Aufwicklung der Kette oder des Seiles um seine Trommel entspricht, der Weg des freifahrenden Dampfers ist dagegen kleiner als der Weg einer Schaufel- oder Schraubenumdrehung.

Schaufelrad. Um diese geringere Nutzleistung des Schaufelrades und der Schraube gegenüber dem Tauer zu verstehen, werden in Folgendem die Elemente und die Wirkungsweise dieser beiden Propeller beschrieben:

Die Schaufelräder (Bild 173) bestehen aus rechteckigen, aus Eichen-, Buchenholz oder Eisenblech hergestellten Platten a b, a′ b′, a″ b″ . . ., welche an radialen Flacheisenstäben befestigt sind, die einerseits mit der an die Welle A festgekeilten Nabe, andererseits mit den eisernen Radkränzen B C und D E verbunden sind. Die bei der Umdrehung der Welle nacheinander eintauchenden Schaufeln drücken stossartig gegen das Wasser, wodurch eine Reaktion c d, c′ d′, c″ d″ erzeugt wird, welche das Schiff fortbewegt. Jede dieser Reaktionen wirkt, weil dieselben senkrecht zur Schaufel gerichtet sind,

Digitized by Google

nur dann in ihrer Gänze für den Antrieb des Schiffes, wenn die Schaufeln senkrecht stehen. Bei jeder anderen Stellung der Schaufel sind nur die wagerechten Komponenten c f oder c′ f′ für die Fortbewegung des Schiffes nutzbar, während die anderen senkrechten Komponenten c g oder c″ g′ keine Antriebsarbeit leisten. Die Kraft c g sucht das Schiff emporzuheben und die Kraft c″ g′ dasselbe niederzutauchen; sie heben sich daher beide gegenseitig auf und sind für die Fortbewegung des Schiffes unwirksam.

Würde das Wasser unter dem Drucke der Schaufeln nicht zurückweichen, so wäre bei jeder Radumdrehung der vom Schiffe zurückgelegte Weg gleich der Länge der von den Schaufeln beschriebenen Kreise. Nachdem jedoch das Wasser bei jedem Schaufelstosse etwas zurückweicht, so ist der Weg des Schiffes kleiner als die Länge dieses Kreises. Diesen Wegverlust nennt man den Slip oder Rückbleib. Ist A der Weg, den das Schaufelrad bei einer Umdrehung zurücklegt, v die sekundliche Geschwindigkeit des Schiffes und N die minutliche Umdrehungszahl der Räder, so müsste, wenn kein Slip vorhanden wäre,

$$A = \frac{v \cdot 60}{N} \text{ sein.}$$

Nachdem der äussere Umfang der Schaufel eine grössere Geschwindigkeit als der innere hat, so nimmt der auf das Wasser ausgeübte Druck von dem Innenrande der Schaufel gegen den Aussenrand derselben stetig zu. Die Resultirende des Druckes liegt ungefähr in 0,40 m Schaufelhöhe vom äusseren Schaufelrande und wird im praktischen Betriebe als in der Schaufelmitte gelegen angenommen. Der Slip R ist somit das Verhältnis zwischen dem Fortgang des Schiffes und der Länge des durch die Mitte der Schaufeln gehenden Kreises. Die Geschwindigkeit der Schaufelmittelpunkte ist gleich dem Produkte aus der Länge des durch diese Mittelpunkte gehenden Kreises und der Umdrehungszahl der Räder in der Zeiteinheit.

$$R = \frac{\text{Geschwindigkeit der Schaufelmittelpunkte} - \text{Schiffsgeschwindigkeit}}{\text{Geschwindigkeit der Schaufelmittelpunkte.}}$$

$$R = \frac{\pi D - A}{\pi D} = 1 - \frac{A}{\pi D}$$

oder wenn für A der Wert eingesetzt wird, so ist

$$R = 1 - \frac{v \cdot 60}{\pi D \times N}$$

Beispiel. Wenn die Schaufelräder eines Schiffes 6,50 m mittleren Durchmesser haben und 24 Umdrehungen in der Minute machen, das Schiff aber 6,16 m Geschwindigkeit besitzt, so beträgt der Weg des Rades bei einer Umdrehung

$$A = \frac{6{,}16 \times 60}{24} = 15{,}42 \text{ und der Slip}$$

$$R = \frac{\pi D - A}{\pi D} = 1 - \frac{A}{\pi D} = 1 - \frac{15{,}42}{3{,}14 \cdot 6{,}5} = \frac{5}{20{,}42} = 0{,}244$$

Der Slip ändert sich je nach den Grössenverhältnissen der Räder und dem angewandten Systeme. Er nimmt zu mit der Tauchung, mit der Anzahl der eintauchenden Schaufeln, dem Gewichte des Schleppanhanges, der Stärke der Strömung und des Gegenwindes, mit einem Worte mit den gesammten

Digitized by Google

der Fortbewegung des Schiffes entgegenwirkenden Widerständen. Ist beispielsweise die Fortgangsgeschwindigkeit eines Schiffes mit einem Schleppanhange auf die Hälfte der normalen gesunken, ohne dass die Arbeit im Dampfcylinder nachgelassen hat, so vermindert sich die Geschwindigkeit der Maschine ungefähr um $^1/_4$, während der sonst normal 0,22 betragende Slip auf ungefähr 0,30 steigt.

Nachdem bei den gewöhnlichen Rädern mit festen Schaufeln letztere in geneigter Lage in das Wasser eintreten und aus demselben emportauchen, so entsteht beim Eintauchen derselben ein Schlag, welcher das Wasser aufspritzt, während beim Austritte die Schaufeln Wasser emporheben. Beides vergrössert den Slip. In je senkrechterer Lage daher der Ein- und Austritt der Schaufeln geschieht, oder richtiger ausgedrückt, je mehr der Ein- und Austritt der Schaufel in die Komponenten der Geschwindigkeit des Druckmittelpunktes der Schaufel und der Schiffsgeschwindigkeit fällt, um so geringer wird der Slip und um so grösser die Nutzleistung sein. Diese Erkenntnis hat zur Konstruktion der Räder mit beweglichen Schaufeln geführt, bei welcher die Schaufeln durch einen mit der Welle exzentrisch angebrachten Zapfen, mit dem sie beweglich verbunden sind, während ihrer Umdrehung so gerichtet werden, dass sie nahezu in erwähnter Komponente ein- und austreten. Ein derartiges Rad mit, die Nutzleistung noch weiters erhöhenden gekrümmten eisernen Schaufeln, ist im Abschnitte 10 beim Dampfer Pécs abgebildet. Bei dieser Bauart beträgt der Slip normal 13 pCt. Im Allgemeinen schwankt jedoch derselbe bei den Schaufelrädern zwischen 15 und 30 pCt.

Die Arbeisverluste der Schaufelräder entstehen somit:

1. Durch das schräge, nicht in die Komponente fallende Ein- und Austauchen der Schaufeln, wodurch ein beträchtlicher Theil der Stosswirkung für die Fortbewegung verloren geht.
2. Durch das Aufspritzen und Emporreissen des Wassers bei jedem Schaufel-Ein- und Austritt, wodurch unnütze Arbeit geleistet wird.
3. Durch das Zurückweichen des Wassers, wodurch das Rad, bei einer gegebenen Arbeitsleistung der Dampfcylinder, sich immer verhältnismässig schneller drehen muss, um eine bestimmte Fortbewegungskraft zu erzeugen und endlich
4. Durch die Reibung des Wassers an den Schaufeln.

Diese Arbeitsverluste erklären die Thatsache, dass selbst die bestgebauten Schaufelräder nur 60 pCt. der ihnen von der Welle zugeführten Arbeit zur Fortbewegung des Schiffes nutzbar machen können.

Schraube. Die Schiffsschraube wirkt ähnlich wie eine parallel zur Schiffsachse angeordnete gewöhnliche Schraube, deren Kopf sich im Innern des Schiffes befindet und welche ihr Muttergewinde in der sie umgebenden Flüssigkeit findet. Je nach der Richtung, nach welcher der im Schiffsinnern befindliche Schraubenkopf gedreht wird, muss sich das Schiff vor- oder rückwärts bewegen. Dieser Vergleich soll jedoch nur eine allgemeine Vorstellung von der Wirkung der Schiffsschraube geben, denn damit die Wirkung einer solchen Schraube derjenigen einer Schiffsschraube gleichkomme, müssten die Schraubengewinde sehr stark vorspringend sein und dürften nur einen Theil

Digitized by Google

eines Schraubenganges bilden und ausserdem müsste man sich das Wasser als feste Schraubenmutter, etwa in gefrorenem Zustande, vorstellen.

Die Flügel einer Schiffschraube bilden Theile von, um einen Nabencylinder angeordneten Schraubenflächen. Ihre Anzahl schwankt zwischen zwei bis sechs, doch werden zumeist drei und vier Flügel angeordnet. (Bild 174.) Eine sehr kleine Anzahl von Flügeln verursacht stärkere Stösse in der Maschine, eine zu grosse Anzahl bewirkt, dass das Wasser zwischen den Schraubenflächen eingeschlossen bleibt und nicht leicht entweichen kann, wodurch sich dann die Schraube in sehr leicht beweglichem Wasser dreht, daher keinen genügend festen Stützpunkt findet und eine schlechte Nutzleistung ergiebt. Der Durchmesser der Schraube wird so gross genommen, als es die Tauchung des Schiffes zulässt, wobei darauf geachtet werden muss, dass sich bei normaler Belastung des Schiffes oberhalb der Schraube noch eine Flüssigkeitsschichte befinde, deren Höhe beläufig $^1/_6$ des Schraubendurchmessers beträgt. Unter Steigung der Schraube versteht man das Mass, um welches sich die Erzeugende der Schraubenfläche während einer vollständigen Umdrehung derselben um die Nabe fortbewegt. Bei unendlich grosser Steigung würde jeder Schraubenflügel eine achsiale Ebene bilden, daher keinerlei Druck im Sinne der Fortbewegung des Schiffes ausüben können. Ist die Steigung dagegen gleich Null, so würde wieder jeder Flügel eine zur Achse senkrechte Ebene bilden, welche das Wasser schneidet, ohne einen achsialen Druck hervorzubringen. Zwischen diesen beiden äussersten Grenzen wird die Steigung, je nach der Grösse des Durchmessers und der Umdrehungszahl, der Anzahl der Flügel und dem angewandten Schraubensysteme, nach den praktischen Ergebnissen gewählt. Keineswegs darf aber bei der Konstruktion einer Schraube für ein bestimmtes Schiffsgefäss nur nach der Theorie vorgegangen werden. Wie bei so vielen anderen technischen Fragen ist auch hier die „Schraubentheorie" noch nicht genügend ausgebildet.

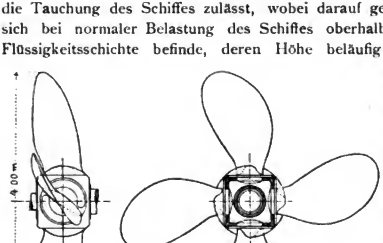


Bild 174. Vierflügelige Schraube.

Um die Wirkungsweise der Schiffsschraube zu verstehen, wird im Folgenden die im Bilde 175 dargestellte zweiflügelige Schraube beschrieben.

Die Dicke der Flügel nimmt von der Nabe M gegen die Enden A A' zu ab, ihre Vorderflächen (siehe die 4 Querschnitte) sind ausbiegend, ihre Grundlinien a b, c d, f g, h k gerade. Dreht sich die Schraube im Sinne des Pfeiles f um ihre Achse, so üben diese Flächen auf das Wasser einen Druck aus, dessen Richtung zur Achse geneigt ist, auf der Flügelfläche jedoch senkrecht steht. Jedes Element p der Fläche übt einen Druck p r aus, welcher in zwei Komponenten zerlegt werden kann, in eine senkrecht zur Achse ge-

Digitized by Google

richtete p s, die bestrebt ist, den Hintertheil des Schiffes senkrecht zum Kiel zu bewegen und eine achsial wirkende p q, welche vermöge der Reaktion das Schiff im Sinne des Pfeiles F fortbewegt. Zerlegt man in ähnlicher Weise in den 4 Querschnitten die Kraft p r in ihre Komponenten, wobei darauf Rücksicht zu nehmen ist, dass die Grösse dieser Kraft sich mit dem Abstand derselben von der Schraubenachse ändert, so bemerkt man, dass die Fortbewegungskraft p q von der Nabe bis zum äusseren Flügelrande zunimmt.

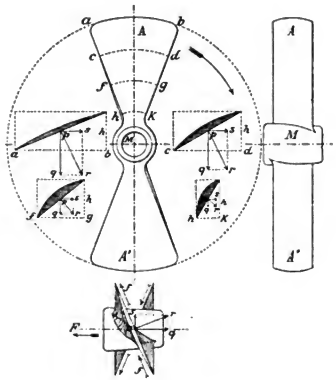


Bild 175.

Wie beim Schaufelrade tritt auch bei der Schraube ein Slip auf. Dieselbe legt bei einmaliger Umdrehung um ihre Achse nicht das Mass einer ganzen Steigung, sondern weil das Wasser dem Drucke jeder Schraubenfläche nachgiebt, einen um etwas geringeren Weg als eine Schraubensteigung zurück. Das Schiff wird im Sinne der Komponente p q bei jeder Schraubenumdrehung eine bestimmte Strecke fortbewegt, welche jedoch immer kleiner als die gesammte Steigung der Schraube ist. Der Unterschied zwischen beiden, der Schraubenslip, wird wie beim Schaufelrade ausgedrückt durch:

$$R = \frac{\text{Geschwindigkeit der Schraube} - \text{Geschwindigkeit des Schiffes}}{\text{Geschwindigkeit der Schraube}},$$

worin unter Geschwindigkeit der Schraube das Produkt aus der Steigungshöhe und der Umdrehungszahl der Schraube in einer Zeiteinheit zu verstehen ist.

Beispiel: Wenn ein Schiff mit einer Schraube von 6,5 m Steigungshöhe und 80 Umdrehungen in der Minute 7,2 m in der Sekunde zurücklegt, so ist der Weg der Schraube ohne Slip:

$$\text{Weg A} = \frac{v \times 60}{N} = \frac{7{,}2 \times 60}{80} = 5{,}397 \text{ m und der}$$

$$\text{Slip R} = \frac{\text{Ganghöhe} - \text{Weg}}{\text{Ganghöhe}} = \frac{6{,}5 - 5{,}397}{6{,}5} = 0{,}17.$$

Bei gewöhnlichen Schrauben beträgt der Slip im Mittel 0,20, bei den modernen mit gekrümmten Flügeln versehenen Schrauben 0,12 bis 0,15. Er sinkt bei Probefahrten, wenn der Schiffskörper und die Schraube sich in sehr gutem Zustande befinden, selbst bis unter 0,10 herab.

Die Arbeitsverluste der Schiffsschraube entstehen somit:

1. Durch die Neigung der Flügel, wodurch sich die Reaktion des Wassers nicht genau in der Achsenrichtung der Schraube äussert, weil dem

Digitized by Google

Wasser eine nicht nutzbringende Bewegung in radialer Richtung gegeben wird.

2. Durch die stossartige Wirksamkeit der Flügel.
3. In Folge der Beweglichkeit der Flüssigkeitsmasse, gegen welche sich die Schraubenflächen stützen, wodurch derselben am Achter des Schiffes eine gewisse Geschwindigkeit ertheilt wird. Dieser Rücklauf, welcher um so grösser ist, je leichter das Wasser zwischen den in grösserer Anzahl vorhandenen Flügeln entweichen kann, bedingt bei gleichbleibender Arbeitsleistung der Cylinder eine Vergrösserung der Umdrehungszahl der Schraube für eine bestimmte Propulsionskraft.
4. Durch die Reibung des Wassers an der Oberfläche der Schraube.

Die Gesammtwirkung dieser Verluste hat zur Folge, dass das Verhältnis zwischen der der Schraube zugeführten und von ihr nutzbar gemachten Arbeit, ihr Wirkungsgrad, auf 70 bis 75 pCt. verringert wird.

Der Slip ist je nach dem Durchmesser, der Steigungshöhe, der Eintauchung der Schraube unter Wasser und dem Schraubensysteme verschieden, in stromlosem Wasser anders als in starker Strömung und wird, sowie beim Schaufelrad, von den dem Schiffe entgegenwirkenden Widerständen beeinflusst. Bei schwerem Schleppzuge nimmt derselbe entsprechend zu. Im Allgemeinen ist der Slip der Schraube um so geringer, je grösser der Durchmesser derselben ist, weshalb auch beispielsweise das Seite 274 beschriebene Schraubenrad gegenüber der gewöhnlichen Schraube einen geringeren Slip ergiebt.

Vergleich des Schaufelrades mit der Schraube. Wird der Wirkungsgrad der Schaufelräder und Schrauben miteinander verglichen, so kann angenommen werden, dass zwei, die gleiche Grösse und Maschinenkraft besitzende Schiffe, von denen das eine mit einer Schraube, das andere mit den besten Schaufelrädern versehen ist, bei ruhigem Wetter oder günstiger Eintauchung die gleichen Ergebnisse erzielen werden. Bei wechselndem Tiefgange des Schiffes wird jedoch die Schraube vortheilhafter sein, weil sie durch Tauchungsänderungen weniger beeinflusst wird als das Schaufelrad. Das Gleiche gilt für die Fahrt mit einem Schleppzug, weil die Schraube unter allen Verhältnissen ihre grosse Umdrehungszahl beibehält und daher in gegebenem Falle, allerdings auf Kosten des Dampfverbrauches, eine grössere Geschwindigkeit als das Rad entwickeln kann.

Bezüglich der Verwendung besitzt die Schraube gegenüber dem Schaufelrad die Vortheile, dass bei Schraubendampfern die breiten Radkästen entfallen und die Bordseiten frei sind, daher dem Winde geringere Angriffsflächen entgegensetzen, ferner, dass die Schraubenmaschinen wesentlich leichter, daher billiger sind und einen kleineren Raum als die Schaufelradmaschinen benöthigen.

Reaktionsdampfer. Nachdem die Nutzleistung von Schrauben und insbesondere von Rädern im Verhältnis zur aufgewandten Maschinenarbeit nicht gross ist, die Schraube ausserdem nur in tieferem Wasser verwendet werden kann, beide Propeller aber auch leicht beschädigt werden können, so hat

Digitized by Google

man versucht, einen Schiffsantrieb dadurch zu erreichen, dass man im Schiffe hinten einen kräftigen Wasserstrahl ausfliessen lässt. Das Prinzip eines solchen Reaktionsdampfers ist im Bilde 176 veranschaulicht. Eine Centrifugalpumpenanlage c d c saugt das im Schiffsboden eingelassene Wasser durch eine Rohrleitung bei g auf und treibt es in zwei starken Wasserstrahlen durch die Röhren bei a a zu beiden Seiten des Schiffes aus, so dass sich dieses in der

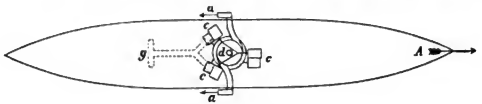


Bild 176.

Richtung A vorwärts bewegt. Die mit diesem Systeme gemachten Versuche haben jedoch bisher kein günstigeres Ergebnis als der Schraubenantrieb geliefert.

Ketten- und Seiltauer. Der Tauerzug wird ausgeübt:

1. Mittels Kette, welche die nöthige Reibung und Spannung für den Zug entweder dadurch erhält, dass sie über zwei von der Dampfmaschine

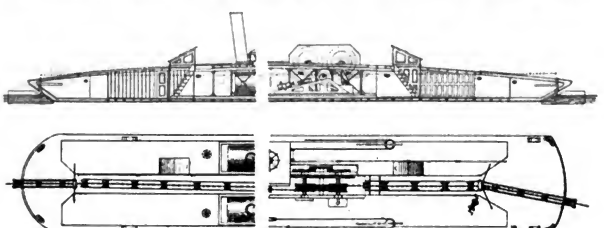


Bild 177. Kettenschiff.

bewegte breite Rollen, auf welchen sie mehrere Male umwickelt ist, gleitet; oder aber dadurch, dass sie über ein Rad mit einem stählernen Zahnkranze, in dessen Ausnehmungen die Kettenglieder durch zwei Seitenräder eingepresst werden, läuft.

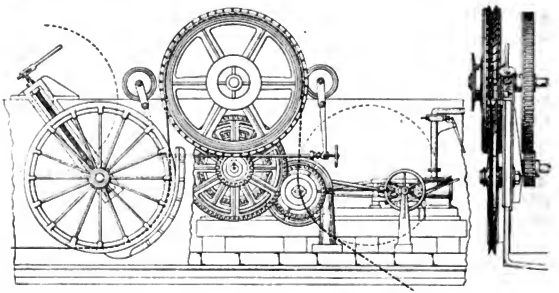
2. Mittels Stahldrahtseiles, welches über ein Rad geht, das an der Kante mit einem Kranz von beweglichen Klammern versehen ist, die das Seil von einem oder zwei anderen Rädern unterstützt, gleiten lassen. Die Räder sind entweder senkrecht oder wagerecht angeordnet.

Kette und Kabel können am Tauer langseits des Schiffes oder mittschiffs in der Längenachsenrichtung angebracht werden. Letztere Art ist richtiger, weil die Maschine einfacher, die Schwankungen des Tauers geringer und derselbe besser steuern kann, endlich auch keine Havarien an den Kabel-

Digitized by Google

vorrichtungen durch Streifen des Tauers an Schiffen, Brücken oder Kaimauern vorkommen können.

Bild 177 stellt ein Kettenschiff im Längenschnitt und Grundriss dar. Die 2 Trommeln stehen mittschiffs. Von der Maschine in Bewegung gesetzt, winden sie, so wie die Trommeln einer Ankerwinde, die am Flussgrunde liegende Kette auf.



Antrieb der Seilräder.

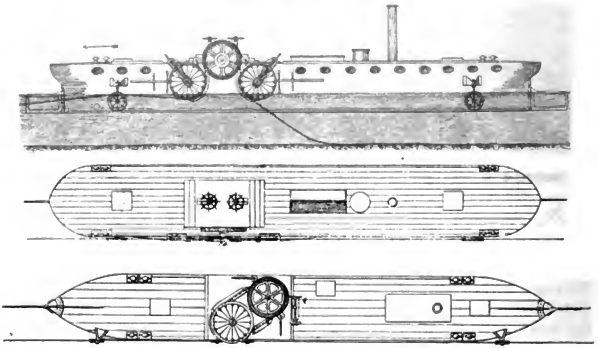


Bild 178. Seiltauer mit senkrecht und wagerecht liegenden Seilrädern.

Bild 178 zeigt die Anordnung der Klappen- und Führungsräder der Seiltauer.

Tauerbetrieb. Der Bergzug mittels eines auf der Stromsohle liegenden Seiles ist übrigens die älteste bestehende mechanische Zugseinrichtung. Der Marschall von Sachsen hat schon im Jahre 1730 auf der Seine in einem Holzboote (a) eine Vorrichtung errichten lassen (Bild 179), die aus drei, auf einer

Digitized by Google

gemeinsamen senkrechten Achse angebrachten Trommelpaaren b e, c f e und d e, von verschiedenen Durchmessern bestand, auf welchen im Flussbette verankerte Hanfseile g aufgesponnen wurden. Abwechselnd kam ein Trommelpaar nach dem andern in Betrieb, während die übrigen leer mitliefen. Die Achse wurde wie ein Koppel (i) durch zwei Pferde in Umdrehung gebracht. Mit dieser Vorrichtung konnte die doppelte Last wie mit dem gewöhnlichen Pferdezuge vom Lande aus gezogen werden.

Dieser Seiltauer diente offenbar dem französischen Ingenieur Tourasse 1820 als Vorbild zur Erbauung des ersten Kettendampfers auf der Rhône zwischen Givors und Lyon. Der Tauer war mit einer gewöhnlichen, durch Dampfkraft bewegten Winde versehen und wurde von 2 kleinen Dampfern begleitet, welche je eine Trommel zur Aufwindung eines 6 Centimeter starken und 1000 m langen Hanfseiles enthielten. Eines dieser Begleitschiffe verankerte sein Seil etwa 1000 m oberhalb des Tauers, kehrte zu diesem zurück und übergab ihm das untere Seilende. Der Tauer zog sich nun an demselben hinauf und gab es während seines Zuges wieder der Trommel des

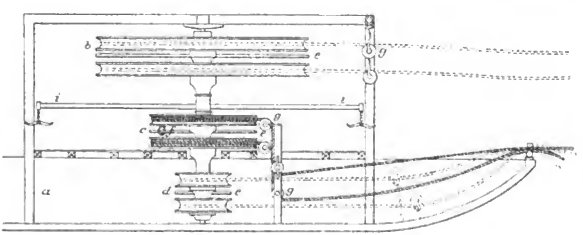


Bild 179. Tauerschiff des Maréchal de Saxe.

ersten Begleitschiffes ab. Indessen ging das zweite Begleitschiff auf 1000 m voraus, befestigte das zweite Seil und kehrte an den ersten Ankerpunkt zurück. War nun der Tauer da angelangt, so nahm er das zweite Seil auf, setzte seinen Zug fort und gab es während der Fahrt wieder dem zweiten Begleitschiffe ab, das erste Begleitschiff aber eilte voraus und befestigte sein Seil zum zweiten Male u. s. w.

Das Hanfseil ersetzte später Vinchon auf der Seine durch eine Kette, doch erst im Jahre 1825 war es de Rygni, welcher für die Schleppschiffahrt auf der Seine zwischen Rouen und Paris eine Gesellschaft bildete und ein durch Dampf getriebenes Fahrzeug an einer der ganzen Länge des zu durchlaufenden Weges entsprechenden Kette verwendete.

Der Ketten- oder Seilbetrieb auf Flüssen wird nur in der Bergfahrt ausgeübt. Grössere Schleppzüge lassen sich an der Kette thalwärts nicht befördern. Die Tauer fahren daher auf der Kette entweder ohne Anhang zurück, wobei die Kette, weil ihre Lage während der Bergfahrt verschoben wurde, wieder in den Stromstrich gelegt wird oder aber sie fahren mit ihren

Digitized by Google

Rädern oder Schraube mit und ohne Anhang zu Thal. Die Donau-Kettenschiffe konnten wegen des oft in scharfer Strömung gehenden Thalweges selbst ohne Anhang nicht an der Kette zu Thal fahren.

Bild 180. Kettenschiff mit einzukuppelnden Schaufelrädern.

So lange die Tauer keinen selbständigen Propeller hatten und sich an der Kette fahrend begegneten, übergab entweder der zu Berg fahrende,

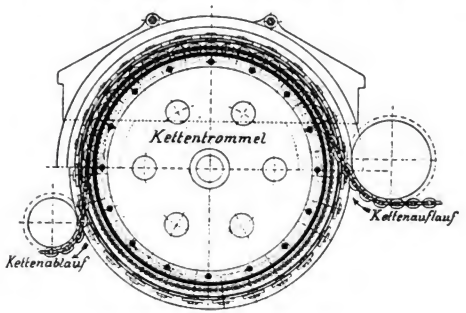


Bild 181.

nachdem er die Kette abgeworfen, seinen Anhang dem ihm entgegenkommenden und fuhr zurück oder der zu Thal fahrende Tauer warf die Kette ab und liess den bergfahrenden weiter fahren. Schon in Folge dieser umständ-

Digitized by Google

lichen Handhabungen mussten die Tauer mit eigenen Fortbewegern ausgerüstet werden. Die Seiltauer am Rhein sind mit Schrauben versehen, die Kettenschiffe der Donau (Bild 180) hatten starke Schaufelradmaschinen von 300 bis 400 i. HP.

Auf- und Abnehmen der Kette. Doch auch während der Bergfahrt, bei vielen Manövern und beim Zusammenstellen der Schleppanhänge ist es nothwendig, die Kette zu lösen. Das Aufnehmen und Abwerfen der Kette über die Trommeln ist aber mit Schwierigkeiten verbunden und zeitraubend. Dieselbe muss immer gelöst, ein Glied oft entzweigeschlagen und an der gelösten Stelle mit einem Kettenschlosse, Schäckelglied, zusammengefügt werden. Ferner liegt in dem Umstande, dass die Kette, damit die zum Zuge nöthige Reibung hergestellt werde, auf den gewöhnlichen Kettentrommeln mehrfach umwickelt werden muss, eine Mitursache der zahlreichen Kettenbrüche, weil sich die einzelnen Rillen der Trommeln, in welchen die Tauerkette gleitet, nicht gleichmässig abnützen, wodurch deren Durchmesser sich schliesslich verändern und durch die nun verschiedenen Trommelumfänge ungleiche Kettenspannungen entstehen, von denen eine dann die Elastizitätsgrenze des Eisens überschreitet und den Bruch des Kettengliedes herbeiführt. Ein solcher Kettenbruch ergab sich oft auch dadurch, dass sich in der aufgenommenen Kette Knoten, Geiger, bildeten, welche, wenn sie über die Kettentrommel liefen, entzweibrachen.

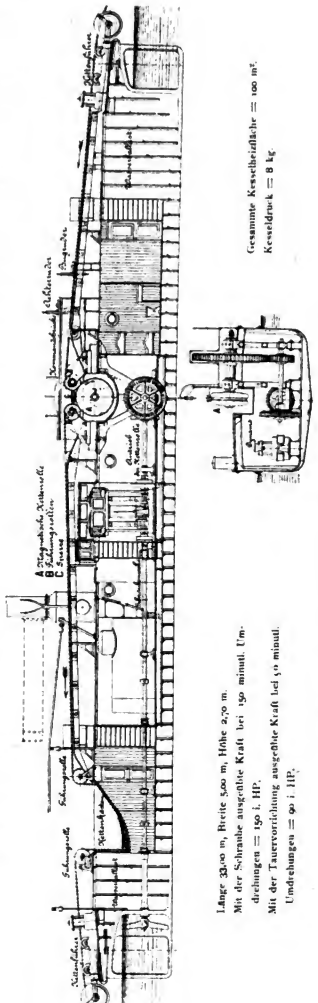


Bild 182. Seiltauer mit elektromagnetischem Kettenrad. (M. 1:160)

Digitized by Google

Kettenrolle mit Fingerlingen. Um diese Nachtheile zu beheben und das Lösen der Kette zu vermeiden, verwendet die Kettenschiffahrt auf der Elbe eine von Bellingrath ersonnene Vorrichtung an der Trommel, deren Wesen darin besteht, dass die Kette mit Fingerlingen, welche im Bedarfsfalle sich öffnen und die Kette frei abfallen lassen, an die Trommel angepresst und festgehalten werden kann, daher auf die Trommel nicht mehrfach umwickelt werden muss, sondern nur etwa auf $^2/_3$ des Umfanges derselben läuft. Bild 181 zeigt diese Anordnung.

Elektrische Kettenrolle. Bovet hat auf den Seine-Tauern diese Frage noch sinnreicher durch Einführung einer magnetisirbaren Zugrolle, welche die Trommel ersetzt, gelöst. Die Kette wird durch zwei Leitrollen geführt, läuft auf $^3/_4$ des Umfanges der Kettenzugrolle und wird mit den einzelnen Kettengliedern magnetisch gemacht, wodurch die Kette an dem Umfangstheil der Rolle fest anhaftet. Als Stromerzeuger dient ein Dynamo. Falls die Vorrichtung versagt, wird die Kette durch eine Sperrvorrichtung an die Zugrolle angepresst. Im Bilde 182 ist dieser Tauer der Compagnie Anonyme de Touage de la Basse Seine et de l'Oise im Längenschnitt und Querschnitt dargestellt.

Seine Länge beträgt 33 m, seine Breite 5 m, der mittlere Tiefgang bei der Fahrt an der Kette 1,90 m. Für die Thalfahrt ohne Kette kann der Tiefgang des Tauerachters durch Einlassen von Wasserballast auf 2,70 m gebracht werden, wodurch die Anwendung einer leistungsfähigen Schraube mit grossem Durchmesser ermöglicht wurde. Die Maschine ist ein Compoundtyp. Dieselbe treibt die Schraube unmittelbar, die Kettenzugrolle aber durch Einrückung in ein Zahngetriebe an. Mit der Schraube entwickelt sie 150 i. HP mit 150 Umdrehungen, mit der Kette 90 HP mit 90 Umdrehungen in der Minute. Der Tauer fährt grundsätzlich nur zu Berg an der Kette, welche er von der Rolle an jedem Punkte der Strecke abwerfen und aufnehmen kann.

Vor- und Nachtheile der Tauerei. Die höhere Nutzleistung des Tauers gegenüber jener des freifahrenden Zugdampfers ist für den Bergzug, besonders in starker Strömung von Bedeutung und kommt der freifahrende Zugdampfer gegenüber dem Tauer umsomehr in Nachtheil, je grösser das Gefälle und die Stromgeschwindigkeit des Flusses sind. Theoretisch lässt sich die Nutzleistung eines Tauers T gegenüber derjenigen eines Zugdampfers Z durch folgendes Verhältnis ausdrücken:

$$\frac{T}{Z} = \frac{2\,(v + s)}{v};$$

worin v die Geschwindigkeit des Anhanges gegen Land und s die Stromgeschwindigheit bedeutet. Aus diesem Verhältnisse folgt, dass zum Zuge eines bestimmten Anhanges im stromlosen Wasser ein Tauer von 100 i. HP gegenüber einem Zugdampfer von 200 i. HP nothwendig wäre und dass, wenn die Strömung gleich der Fortgangsgeschwindigkeit des Anhanges ist, der Zugdampfer 400 i. HP. haben müsste.

Ein Dampfer mit vier Schleppen würde dann beispielsweise in einem Strome vom 2,5 m in der Sekunde nur etwa 15 pCt. Nutzleistung haben und sechs-

Digitized by Google

mal so viel Arbeit aufwenden müssen als ein Tauer, welcher diesen Anhang mit gleicher Geschwindigkeit fortbringt. Dies die Theorie! Die Erfahrung zeigt jedoch, dass freifahrende starke Zugdampfer bis zu einer Strömung von 2,0 m in der Sekunde noch ganz wirthschaftliche Ergebnisse liefern und auch grössere Gefällsstürze, wenn diese nicht zu lang sind, durch geschickte Handhabung der Schlepptaue unschwer überwinden können. Durch entsprechendes Nachlassen der Taue ist es nämlich dem Dampfer fast immer möglich, wenn er im Gefällstutze ist, den Anhang aus dem Bereiche dieses zu bringen, und wenn dann letzterer in der grössten Strömung ist, hat der Dampfer das Sturzgefälle bereits überwunden und kann wieder eine grössere Zugkraft entwickeln. Ein starker Dampfer hat ferner auch in der Verwerthung seiner lebendigen Kraft, über welche er in grossem Masse verfügt, ein treffliches Mittel, kurze Sturzgefälle zu überwinden.

Steigt jedoch die Strömung auf längerer Stromstrecke über 2,00 m in der Sekunde, so wird der Betrieb mit freifahrenden Dampfern nach Massgabe ihrer Maschinenstärke immer weniger lohnend. Wenn ein Zugdampfer mit 400 i. HP. stromaufwärts in einer Strömung von 0,50 m in der Sekunde 10,8 km in der Fahrstunde oder 3 m in der Sekunde zurücklegt, so wird er bei

einer Stromgeschwindigkeit von	1,00	1,50	2,00	2,50 m
eine Fahrgeschwindigkeit „	2,50	2,00	1,50	1,00 m

haben und bei 3,00 m Stromgeschwindigkeit wird seine Nutzleistung auf Null sinken.

Glücklicherweise sind aber derartige Sturzgefälle zumeist nicht lang und können daher durch die oben beschriebenen Manöver in der Praxis überwunden werden. In diesem Umstande und darin, dass ein kräftiger Dampfer, wenn er auch viel Slip hat, ganz gut gegen einen Strom von bestimmter Stärke und mit besserer Nutzleistung als ein schwacher Dampfer mit geringerem Slip ankämpfen kann, liegt hauptsächlich das Räthsel, warum die Theorie der höheren Nutzleistung des Tauers gegenüber dem freifahrenden Dampfer in der Praxis nicht Stand hält.

Was die Nachtheile des Tauerbetriebes anbelangt, so sind diese so gross, dass man heute trotz seiner höheren Zugleistung im Allgemeinen den freifahrenden Schleppzug vorzieht. Die Kette oder das Seil ergeben hohe Anlagekosten, der Tauer lässt sich schwerer steuern und hat eine nur beschränkte Bewegungsfreiheit. Derselbe muss, um sich auch ohne Kette oder Tau bewegen zu können, ausser den Tauervorrichtungen noch mit Schaufelrädern oder Schraube versehen sein. Hierzu kommen die Aufenthalte bei Aufnehmen und Abgeben der Kette, die Gefahren von Ketten- oder Seilbrüchen und endlich die Kosten für die Instandhaltnng der Kette, sowie für die alljährliche Hebung derselben vor Eintritt der Eissperre. Nur auf Flüssen mit geringer Geschiebebewegung kann letztere unterbleiben, weil dann keine Gefahr einer Verschotterung der Kette über Winter vorhanden ist. Endlich ist es für den Tauer ganz gleichgiltig, ob er mit oder gegen den Strom geht, sein Wirkungsgrad bleibt immer der gleiche, während der Raddampfer zu Thal, wenn die Strömung grösser als der Slip ist, einen grösseren Wirkungsgrad erreicht. Der Hauptnachtheil des Tauers liegt aber darin, dass dieser

Digitized by Google

eine begrenzte Verkehrslinie schafft, während der freifahrende Dampfer die ganze Verkehrsfläche beherrscht.

Zum Schlusse soll noch auf einen grossen Irrthum hingewiesen werden, welcher sich dadurch herausgebildet hat, dass die Anhänger der Tauerei stets behaupten, dass, nachdem diese um so vortheilhafter wird, je grösser die Strömung ist, man mit einer gegebenen Maschinenstärke eines Tauers jede Strömung leicht und wirthschaftlich überwinden kann. Das ist falsch. Marchetti hat diesen Punkt sehr richtig beleuchtet: „Um einen bestimmten Anhang mit einer Geschwindigkeit von 1,5 m gegen Land und einen Strom von 1 m aufzubringen, benöthigt der Tauer beispielsweise 167 effektive HP. Die Geschwindigkeit, mit welcher der Anhang durchs Wasser gezogen wird, sei 2,5 m. Soll derselbe Zug mit derselben Geschwindigkeit gegen Land (1,5 m per Sekunde) aufgebracht werden, aber gegen einen stärkeren Strom von 2,5 m, so ist die Geschwindigkeit, mit der die Kette aufgewickelt wird, zwar dieselbe, aber die Spannung ist im Verhältnis $4^2 : 2^{1}/_{2}$, d. i. 2,6mal so gross. Dementsprechend wird auch die hierzu nöthige effektive Leistung $2{,}6 \times 167 = 434$ HP betragen."

Hierzu kommt, dass die schwere Kette eine Kettenlinie bildet, wodurch der Zug schief wird und ein Arbeitsverlust entsteht. Der Verlust durch das Gewicht der Kette ist bei grösseren Tiefen nicht unbeträchtlich und steigt bei genügender Stärke der Kette leicht bis auf 10 pCt. der aufgewandten Arbeit. Ferner fallen Fahrrichtung und Kette in Flusskrümmungen auch bezüglich der Horizontalprojektion in den seltensten Fällen zusammen und der hieraus entstehende Verlust ist um so grösser, da der Tauerkörper oder die Schleppe, in schiefer Richtung gezogen, einen bedeutend höheren Widerstand bieten. Endlich ist, wenn die Kette durch Kies verschüttet ist, die Tangente am Boden nicht horizontal. Die beiden Kettentheile erleiden dann im tiefen Wasser einen sehr beträchtlichen Widerstand durch den Strom.

Alle diese Umstände ziehen die Nutzleistung des Tauers so weit herab, dass sie gegenüber dem Raddampfer sich darin ausdrückt, dass letzterer bei gleicher Leistung in der Bergfahrt nur etwa $2^1/_2$ mal so viel Kohle verbrennt als der Tauer. Der Tauerbetrieb gegenüber jenem mit Raddampfern stellt sich dann rechnerisch folgend:

Angenommen eine Streckenlänge von 100 km, eine Fahrgeschwindigkeit von 5 km in der Stunde, die Anlagekosten der Kette mit rund 1000000 Kr, jene des Drahtseils mit 500000 Kr, so ergiebt sich:

Kohlenersparnis gegenüber dem Raddampfer bei gleicher Leistung in einer Bergfahrt 3 q gegen 7,5 = 9 Tonnen in 20 Stunden, mit 12 Kr pro Tonne . . . . . = 108 Kr
Lohnersparnis durch geringere Bemannung 0,30 pro Fahrstunde . = 6 „
zusammen 114 Kr

oder bei der durchschnittlichen jährlichen Bergleistung eines Dampfers von 2000 Stunden = 11400 Kr Betriebsersparnis. Für Tilgung, Erneuerung, Ausbesserung, sowie 5 pCt. Verzinsung der Kette oder des Seiles werden jedoch 17 pCt. benöthigt, was bei ersterer jährlich 170000 Kr, bei letzterem 85000 Kr ausmacht. Somit ein Verkehr für zumindest 15 Kettenschiffe oder

Digitized by Google

7 Seiltauer vorhanden sein müsste, damit eine Tauerei wirthschaftlicher als ein Raddampferbetrieb werde.

Die Tauerei wird daher nur auf solchen Flüssen angewendet werden, auf welchen die Wassertiefen nicht mehr ausreichen, um leistungsfähige freifahrende Zugdampfer verwenden zu können. Auf Flüssen mit genügenden Fahrtiefen, welche die Verwendung von stärkeren tiefertauchenden Zugdampfern zulassen, soll man jedoch letztere vorziehen. Der Hauptvortheil eines Tauers, sein im Verhältnis zu seiner Nutzleistung geringer Kohlenverbrauch, wird eben durch seine mannigfachen Nachtheile im Betriebe aufgehoben, weshalb derselbe nur unter besonderen Umständen in Betracht gezogen werden kann, und zwar: Wenn ein grosser Bergverkehr besteht und die Verfassung des Wasserlaufes es gestattet, grosse und lange Schleppzüge zu bilden; wenn bei grosser Stromgeschwindigkeit geringe und gleichmässige Tiefen des Fahrwassers und wenig Geschiebeführung vorhanden sind und endlich, wenn wegen des geringeren Kohlenverbrauches mit hohen Kohlenpreisen und wegen Anschaffung der Kette oder des Kabels mit niederen Eisenpreisen gerechnet werden kann.

Zugsversuche mittels endloser Kette. Um die grossen Kosten der Anschaffung einer Kette oder eines Kabels zu vermeiden, hat man versucht, feste Stützpunkte für einen Dampfer dadurch zu schaffen, dass man ihn auf einer, um seinen Körper herumgehenden Kette vorwärtsgehen liess. Dieser Versuch einer Tauerei mittels endloser Kette bestand darin, den gewöhnlichen Kranz des Schaufelrades durch eine Kette zu ersetzen und hierdurch ein Kettenrad zu schaffen, welches am Boden des Flusses fortrollte.

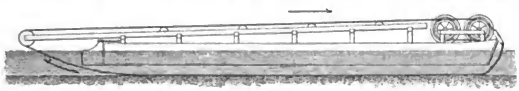


Bild 183.

Die Kette kann man in der Längsrichtung des Schiffes über dasselbe laufen lassen. Am Deck gehen die Ketten über Tragrollen, am Bug und Achter über Ausleger (Bild 183). Die um das Schiff laufenden Ketten tauchen am Vorderschiff unter Wasser, laufen am Flussgrunde und steigen am Hinterschiff wieder auf. Werden nun eine oder mehrere als Kettenrollen (Spill) ausgebildete Tragrollen durch eine Dampfmaschine in Umdrehung gesetzt, so wird die Kette bewegt, weil aber der auf der Sohle liegende schwere Kettentheil die Kette zu gleiten verhindert, so muss sich der Tauer nahezu mit der Geschwindigkeit des Kettenlaufes vorwärts bewegen. Selbstverständlich muss das am Boden ruhende Kettengewicht immer die genügende Reibung für den Tauer und seinen Schleppzug geben.

Dupuy de Lome hat bei seinen Versuchen auf der Rhône, um die nothwendige Reibung am Flussboden zu bekommen, zwei schwere Ketten von 100 kg für den laufenden Meter verwendet und die Vorrichtung derart eingerichtet, dass sich die Kette den veränderlichen Flusstiefen annähernd

Digitized by Google

anschmiegen konnte. Auch die Erste k. k. priv. Donau-Dampfschiffahrts gesellschaft hat mit endloser Kette und mit Kettenstangen Versuche gemacht, welche zwar kein ungünstiges Zugsergebnis, jedoch eine ungenügende Steuerfähigkeit des Schiffes ergaben.

Die Triebart mittels endloser Kette könnte nur dort anwendbar sein, wo gleichmässige und nicht zu grosse Tiefen vorhanden sind. Ist ersteres nicht der Fall, so hätte die Kette auf den flachen Strecken eine zu grosse Länge und würde sonach nicht lang ausgezogen, sondern klumpenweise auf der Sohle liegen. Beim Anheben oder Anziehen würde sie daher nicht sogleich den nöthigen Widerstand leisten, sondern sie müsste, ehe dieses geschieht, zunächst in der erforderlichen Länge gestreckt werden. Die hier-

Bild 184. Wasserlokomotive.

auf verwendete Kraft ist dann für die Bewegung des Schiffes verloren. Wird die Tiefe aber grösser, so vermindert sich wieder die Länge, in welcher die Kette auf dem Grunde liegt und damit die zur Fortbewegung erforderliche Reibung.

Die Zugsweise mittels Kette ohne Ende ist übrigens rücksichtlich der Kanalschiffahrt einer noch reiflicheren Prüfung werth. Das System verlangt vor allem, dass die Kettenlänge, welche vorne ins Wasser geht, immer mit der Wassertiefe übereinstimme, dass sie also nie zu kurz sei, wodurch die Reibung ungenügend und die Kette gleiten würde und dass sie nicht zu lang sei, wodurch vor dem Schiffe am Flussgrunde unliebsame Verschlingungen entstünden. In diesem Falle kann man nicht steuern, weil der hintere Kettentheil, straff gespannt, grossen Widerstand leistet, der vordere aber lose ist und nachweicht, wodurch das Schiff am Achter von der Strömung abgetrieben und herumgedreht wird. Durch entsprechende Verschiebung und Hebung der vorderen Tragrollen, welche über einem weit über den Bug gehenden Ausleger angebracht sein müssten, könnte man übrigens diesen Uebelständen vielleicht abhelfen.

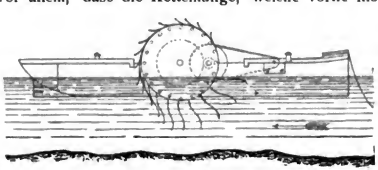


Bild 185. Wasserrad.

Wasserlokomotive und Wasserrad. Das Prinzip, die gleitende Reibung eines Wasserfahrzeuges in eine rollende umzuwandeln und dadurch den Widerstand, den das Wasser seiner Bewegung entgegensetzt, zu vermindern, hat Hüet und Wernigh dazu geführt, sogenannte Wasserlokomotiven vorzuschlagen. Ersterer setzt grosse hohle Tonnen, auf welchen

Digitized by Google

ein die Ladung aufnehmender Träger ruht, in Umdrehung und wendet in roher Form den Gedanken Bazin's, Seeschiffe mit grossen rotirenden hohlen Stahllinsen fortzubewegen, auf die Binnenschiffahrt an. Letzterer wendet hohle, mit Schaufeln besetzte Trommeln an, die von der Kraft der Strömung, ähnlich wie die Wasserräder der Schiffmühlen, angetrieben werden sollen und dadurch die Aufwicklung einer im Strome liegenden Tauerkette bewirken. Mit dem Wernighschen Propeller (Bild 184) wurde 1884 an der oberen Schleuse des Landwehrkanales in Berlin ein unentschiedener Versuch durchgeführt.

Endlich ist noch Barlow anzuführen, welcher grosse Trommelwasserräder vorschlägt, die an ihrem Umfange an Charnieren eine Anzahl beweglicher Schaufeln tragen, welche sich in der Ruhelage an den Trommelumfang anschmiegen, während der Trommelumdrehung jedoch vom strömenden Wasser in eine radiale Stellung zur Trommel gebracht werden, die Trommel hierdurch in Umdrehung bringen, die dann eine am Flussgrunde liegende Tauerkette aufwindet. Je nach der Wassertiefe kann die Achse der Trommel gesenkt oder gehoben werden. (Bild 185.)

Wirthschaftliche Zugsmittel. Ueber die Frage, welche Zugsmittel in der Fluss- und Kanalschiffahrt den wirthschaftlichsten Betrieb ermöglichen, sind die Ansichten noch nicht geklärt. Die Zahl der auf Kanälen erprobten Zugsmittel ist beispielsweise Legion.

Die Ursache, warum die Ansichten auch massgebender Fachmänner in dieser Frage nicht übereinstimmen, liegt darin, dass jeder derselben sich nur auf die Beurtheilung jener Zugsart beschränkt, welche auf dem ihm bekannten Fluss- und Kanalgebiete angewendet wird. Wenn aber diese unter den diesen Gebieten eigenthümlichen Verhältnissen auch ein gutes Ergebnis liefert, so wird sie auf anders gestalteten Wasserläufen wieder einen minderen wirthschaftlichen Nutzen zeigen.

Während sich so der Tauereibetrieb am Neckar wegen seines grossen Gefälles, geringer Wassermenge und geringer Fahrtiefe, insbesondere aber wegen der Möglichkeit, mit demselben lange Schleppzüge anzuwenden, gut bewährt, war man gezwungen, die Kettenschiffahrt auf der Donau 1901 gänzlich aufzulassen. Die Abnutzung der Kette war eine zu grosse, die Kettendampfer konnten zu Thal an der Kette nicht fahren und mussten deshalb die Maschinenanlage eines starken Zugdampfers, also ausser den Tauereieinrichtungen noch eine vollständige Schaufelradmaschine erhalten, wodurch sowohl die Bau- als auch die Betriebskosten derselben fast die gleiche Höhe wie jene des freifahrenden Raddampfers erreichten. Das Anlagekapital für die Kette konnte, weil der Verkehr auf derselben ein viel zu geringer war, nicht annähernd verzinst werden. Die schwierigen Schiffahrtsverhältnisse bedingten fortwährende Hilfe der Kettendampfer durch die freifahrenden Dampfer, wodurch für letztere nicht unwesentliche Betriebsstörungen entstanden und die Zahl der Kettenbrüche in den grossen Strömungen erreichte schliesslich eine solche Zunahme, dass der Betrieb gefährdet war. Ein Grund der Auflassung des Tauereibetriebes auf der Donau lag weiters auch darin, dass er einen streckenweise unterbrochenen Betrieb verursachte, weil man die Kette in einigen

Digitized by Google

Stromabschnitten, wie im klippenreichen Flussbett des Strudens, oder im Felsengehächel bei Aschach und bei Hofkirchen, nicht sicher lagern konnte.

Zweckmässiger Fahrpark auf verschiedenen Stromstrecken. Das wirthschaftliche Ergebnis jedes Zugmittels hängt daher in erster Linie von seiner Anpassung an die dem betreffenden Wasserlaufe eigenthümliche Verfassung ab. Nach dem Stande des heutigen Maschinen- und Schiffbaues werden auf den verschiedenen Abschnitten eines Flusses am zweckdienlichsten folgende Zug- und Fahrmittel verwendet:

Im Oberlaufe eines Flusses mit einer Mindesttiefe von nur 0,60 bis 0,80 m und dementsprechend geringen Fahrbreiten wird man Schleppe mit keiner grösseren Tragfähigkeit als 100 bis äusserst 200 Tonnen in Verwendung bringen können. Als Zugsmittel wird ein Heckraddampfer von 120 bis 150 i. HP mit einem Tiefgange von 0,60 bis 0,70 m verwendet werden müssen. Weniger als 0,60 m Tiefgang kann man ihm nicht geben, weil derselbe sonst in schärferen Strömungen eine zu geringe Nutzleistung hat.

Ein Nachtheil des Heckraddampfers liegt übrigens ausser in dem verhältnismässig geringen Wirkungsgrade des am Achter angebrachten Schaufel-

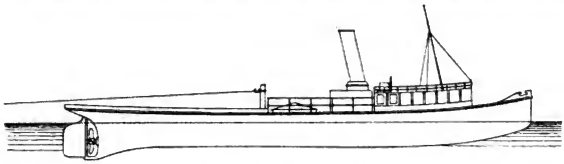


Bild 186. Schraubenbugser für tiefe Stromstrecken.

rades noch darin, dass letzteres sich an seichten Stellen auf dem Grunde ansaugt, wodurch die Zugsleistung zeitweilig vermindert, an Stellen mit grösserer Strömung aber oft gänzlich aufgehoben wird.

Ist die Gestaltung des Flussbettes derart, dass sich grössere Fahrbreiten ergeben, so wird deshalb ein seichter Seitenraddampfer dem Heckrade vorzuziehen sein. In beiden Fällen ist jedoch die Nutzleistung im Zuge eine verhältnismässig geringe. Der Tauereibetrieb wird aber nicht immer möglich sein, und die wirthschaftlich arbeitende Schraube ist auf einer solchen Stromstrecke wegen der geringen Tauchungsmöglichkeit derselben nur bedingt (siehe Abschnitt 10) anwendbar.

Es ist demnach mit den heute bestehenden Zugsmitteln ein wirthschaftlicher Schleppzug im Oberlaufe eines Flusses nur in dem Falle möglich, wenn derselbe eine gleichmässige und geringe Strömung, entsprechende Strombreiten und Tiefen von mindestens 0,80 bis 1 m aufweist.

Im Mittellaufe eines Flusses bis zu einer Mindesttiefe von 1,50 m und entsprechenden Fahrbreiten ergeben die grösseren Schleppe mit einem Tragvermögen von 400 Tonnen, sowie Seitenraddampfer mit starken Zwei-

Digitized by Google

cylindermaschinen von 400 i. HP bei einem Tiefgange von 0,80 m bereits einen günstigen Betrieb. Die wirthschaftlichere Schraube kann aber bei diesem Tiefgange vortheilhaft noch immer nicht verwendet werden und erst in Flusstiefen von über 1,50 m wird mit derselben ein wirthschaftlicher Betrieb möglich sein.

In den zumeist grösseren Tiefen des Unterlaufes eines Flusses werden jedoch Schraubenboote mit 200 bis 400 i. HP (Bild 186) im Vereine mit Schleppen von 600 bis 1000 Tonnen Tragfähigkeit den Schiffahrtsbetrieb immer lohnend gestalten.

Vortheilhafte Maschinensysteme. Von den Maschinensystemen eignet sich bei Raddampfern am besten die schrägliegende Zweicylindermaschine (Compound), deren Gewicht auf eine grössere Länge des Schiffskörpers vertheilt ist und bei richtiger Bauart der Maschinenrahmen und Fundamente gleichzeitig den Schiffskörper gut versteift, folglich andere Längsverbände ersetzt, wodurch der Dampfer bei grosser Belastung doch entsprechend leicht gebaut werden kann. Ferner wirken bei dieser Anlage die durch den Gang der Maschine, durch die bewegten Massen der Kolben und Stangen beim Hubwechsel auftretenden Stösse fast nur in der Längsrichtung des Schiffes, in welcher dasselbe am widerstandsfähigsten ist. Die Compoundmaschine hat endlich noch den Vorzug, dass deren Kraft gegebenen Falles durch grösseren Dampfeinlass in die Cylinder stark erhöht werden kann, was zur Ueberwindung starker Sturzgefälle in einem Strome von grossem Vortheil ist.

Die wirthschaftlicher als die Compoundmaschine arbeitende Drei-Cylinder-Maschine (Triplex) ist im Schleppzuge nur dann vortheilhaft anwendbar, wenn sehr lange Fahrstrecken ununterbrochen zurückgelegt werden können, weil nur in diesem Falle der durch die erhöhte Expansion sich ergebende geringere Kohlenverbrauch zum Ausdruck gelangt.

Die Schleppleistung der mittelstarken Raddampfer mit Compound-Maschinen stellt sich auf der mittleren Donau bei 5 km Fahrgeschwindigkeit auf etwa 2,8 Tonnen für eine indizirte Pferdekraft. Die Betriebskosten: die Ausgaben für Kohle, Schmiere, Löhne, Unterhaltungs- und Herstellungskosten stellen sich im Mittel für eine indizirte Pferdekraft und Fahrstunde auf Kr 0,028 und die geschleppte Tonne für eine Stunde somit auf $\frac{0{,}028}{2{,}8} = 1{,}00$ Heller, oder pro tkm auf $\frac{1{,}00}{5} = 0{,}20$ Heller.

Von den Schraubenmaschinen kommt in der Flussschiffahrt fast ausschliesslich die leichte, senkrecht stehende Hammermaschine mit zwei Cylindern zur Anwendung. Man wendet, wo es der Tiefgang zulässt, vortheilhaft eine Schraube mit grösserem Durchmesser, sonst aber zwei Schrauben mit kleineren Durchmessern an.

Die Schleppleistung gut konstruirter Schraubenbugser stellt sich im Donaubetriebe bei 5 km Zugsgeschwindigkeit auf 3,0 Tonnen für eine i. HP, die Betriebskosten für eine i. HP und Fahrstunde auf Kr 0,027, somit die

Digitized by Google

geschleppte Tonne in der Fahrstunde auf $\frac{0{,}027}{3{,}0} = 0{,}90$, oder pro tkm auf $\frac{0{,}90}{5} = 0{,}18$ Heller.

Schraubenrad. Im Allgemeinen sollte aber dahin gewirkt werden, für den Flussschiffahrtsbetrieb einen einheitlichen Propeller zu schaffen. Die Seeschiffahrt verfügt dadurch, dass sie grosse Tauchungsverhältnisse zulässt, in der Schraube über einen solchen. Die Schraube kann aber wegen ihres verhältnismässig grossen Durchmessers in der Binnenschiffahrt nur unter ausnahmsweise günstigen Verhältnissen, zumeist nur im Mittellaufe und den tieferen Mündungsgebieten angewendet werden, während sich die übrigen Flussgebiete bis nun mit dem bei weitem unwirthschaftlicheren Schaufelrade oder mit der viele Nachtheile besitzenden Tauerei behelfen müssen.

Die Frage, wie auf seichten Flussstrecken mit geringen Fahrbreiten und grösserer Strömung, überhaupt in der gesammten Fluss- und Kanalschiffahrt ein einheitlicher und wirthschaftlicher Zug eingerichtet werden kann, ist daher noch ungelöst.

Um die gegenüber dem Schaufelrade wirksameren Propulsionsflächen der Schraube der Binnenschiffahrt anzupassen, wurden in neuester Zeit Versuche mit einem neuartigen Propeller, dem sogenannten „Schraubenrade" gemacht, welche ergeben haben, dass mit diesem schon bei einer Eintauchung von 0,40 m ein nicht ungünstiger Wirkungsgrad erzielt werden kann.

Die Wirksamkeit dieses Schraubenrades gegenüber jener des Schaufelrades und der Schraube ist folgende: Bekanntlich kann das Schaufelrad bei einer grösseren Umdrehungszahl dauernd nicht mehr verwendet werden, weil einerseits die Radtheile, besonders bei den Rädern mit beweglichen Schaufeln, dieses nicht mehr aushalten, anderseits die einzelnen Schaufeln bei grosser Umfangsgeschwindigkeit von ihrem Wirkungsgrade verlieren, weil das Wasser dann keine Zeit mehr findet, sich hinter den einzelnen Schaufeln zu erneuern. Ein Schaufelrad kann daher wirksam höchstens bis zu einer Umdrehungszahl von 60 in der Minute oder bis zu einer Umfangsgeschwindigkeit von 8 m in der Sekunde Anwendung finden. Die Schiffsschraube verträgt dagegen allerdings eine grosse Umdrehungszahl, sie arbeitet aber nur dann mit guter Nutzleistung, wenn sie eine im Verhältnisse zu ihrem Durchmesser grosse Tauchung hat. Das Schraubenrad lässt nun eine verhältnismässig hohe Umdrehung bis 200 in der Minute und eine geringe Tauchung von 0,40 m zu und ermöglicht die Anwendung grosser Druckflächen bei gleichzeitiger Ausscheidung der bei der gewöhnlichen Schiffsschraube unwirksamen Mitteltheile. Ausserdem wirkt der von den Flügeln des Schraubenrades ausgeübte Druck stetig und es werden die seitlichen Drücke vermieden, wodurch der Wellenschlag verringert wird, was besonders für den Kanalbetrieb mit Rücksicht auf die Beschädigungen der Kanalufer und Böschungen wichtig ist.

Das Schraubenrad besteht im wesentlichen aus einem Rade, welches eine Anzahl von, nach Schraubenflächen gekrümmten Flügeln trägt und auf einer oberhalb der Wasserfläche angeordneten parallel zur Schiffsachse laufenden Welle, die durch eine gewöhnliche Hammermaschine oder durch eine Dampfturbine angetrieben wird, befestigt ist.

Digitized by Google

Bild 187 zeigt die Schraubenräder eines Dampfers mit 36 i. HP, welcher für den seichten Weichselfluss projektirt wurde und einen grössten zulässigen Tiefgang von 0,40 m hat. Von den zwei Schraubenrädern dreht sich das linksseitige, Backbordrad, in der Pfeilrichtung, während das daneben liegende Steuerbordrad von einer zweiten Welle angetrieben wird und in zu der Pfeillinie entgegengesetzter Richtung arbeitet. Die Anordnung der Maschine und Schraubenräder am Schiffsachter ist im Bilde oben links, ersichtlich. Der grösste Durchmesser der Räder beträgt 1,05 m.

Probeergebnisse eines Schraubenraddampfers. In folgender Tabelle sind die Ergebnisse der Versuchsfahrten mit Schraubenrädern bei Anordnung derselben hintereinander gegenüber einer gewöhnlichen Schraube enthalten. Das vordere rechtsgängige Rad sitzt auf einer Hohlwelle, das hintere linksgängige Rad an einer in dieser gehenden Vollwelle (Bild 188.)

Versuchsfahrt	Grösster Durchmesser der Schraube in mm	Durchmesser der Druckmittelpunkte in mm	Schraubensteigung in mm	Umdrehungen der Schraube pro Minute	Kreisfläche der Schraube in m²	Abgewickelte Fläche der Schraube bzw. der Schaufel	Eintauchende Schrauben- oder Schaufelfläche in m²	Indizirte Pferdekräfte	Schiffs-Geschwindigkeit in Kilometern in einer Stunde	Geschwindigkeit der Druckmittelpunkte m/Sek.	Verhältnis-Zahlen		
											Slip	$\frac{HP \times 75}{v_d \sin. \alpha} = P$	$\frac{P}{F_t}$
	D	D_t	H	u	F_k	F_w	F_t	HP	v	v_d	*) $100 \frac{v_t - v}{v_t}$	kg	kg
	Probe mit der ursprünglichen gewöhnlichen Schraube:												
I	525	315	800	360	0,22	0,063	0,063	22,60	12,30	5,90	42,2 pCt.	458	7269
	Probe mit dem Schraubenradpaare:												
II	1500	1100	1500	130	—	0,100	0,300	8,20	10,00	7,47	14,5 pCt.	205,4	684,6

In der Zusammenstellung fällt insbesondere der gegenüber der gewöhnlichen Schraube geringe Slip der Schraubenräder auf, welcher bei 10 km stündlicher Geschwindigkeit 14,5 pCt. gegen 42,2 pCt. der gewöhnlichen Schraube bei 12,3 km Schiffsgeschwindigkeit beträgt. Während die Schraubenräder zu 10 km 8,20 i. HP benöthigten, verbrauchte die Schraube bei 12,3 km 22,6 i. HP. Die 12,3 km Geschwindigkeit konnte nur innerhalb ganz kurzer Fahrzeiten bei äusserter Maschinenleistung erreicht werden, während die 10,00 km mit den Rädern die mittlere angeforderte Dauerleistung darstellen. Eine höhere Maschinenleistung und als Folge davon eine grössere Geschwindigkeit konnte aus dem Grunde nicht erreicht werden, weil einerseits der Dampfdruck auf den Kolben der Maschine für die grosse eingetauchte Schraubenfläche (0,300 m² gegen 0,063 m²) bei höherer Umdrehungszahl als 130 zu gering

*) $v_t = \frac{H \cdot u}{60}$.

Digitized by Google

war, und andererseits wegen des beschränkten Raumes ein Vorgelege nicht angebracht werden konnte. Es ist aber bekannt, dass sich die erforderlichen Maschinenleistungen wie die dritten Potenzen der zugehörigen Schiffsgeschwindigkeiten verhalten, $\frac{N_1}{N_2} = \frac{v_1^3}{v_2^3}$, demnach für die Schraubenräder bei einer Geschwindigkeit von 12,3 km in der Stunde eine indizirte Leistung von $N_1 = 8{,}2\,\frac{(12{,}3)^3}{(10{,}0)^3} = 15{,}26$ Pferdestärken benöthigt worden wären.

Die obigen Ergebnissen zu Grunde liegenden Versuchsfahrten wurden

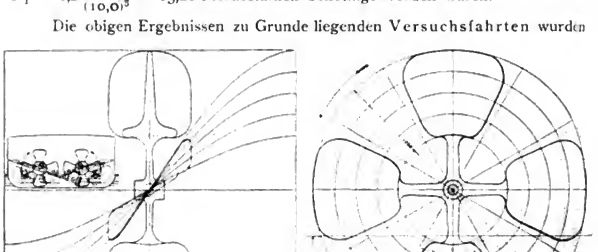


Bild 187. Backbord-Schraubenrad zweier nebeneinander gelagerten Räder. (M 1:17)

Grösster Durchmesser 1050 mm. Abgewickelte Flügelfläche eines Flügels 1376 cm².
Steigung 2200 mm. Projizirte „ 986 cm².

in der Weise ausgeführt, dass mit einem mit der gewöhnlichen Schraube ausgerüsteten Dampfbugser (Bild 188) eine Reihe von Fahrproben unternommen

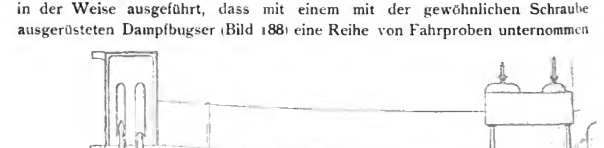


Bild 188. Versuchsdampfer mit hintereinander angeordneten Schraubenrädern.

und sodann an Stelle der Schraube die zwei Schraubenräder aufgesetzt und wieder die gleiche Anzahl Fahrversuche unter den gleichen Verhältnissen und Bedingungen durchgeführt wurden.

Das Schraubenrad ist deshalb besonders erwähnenswerth, weil es bei seiner

Digitized by Google

Einfachheit und dem Umstande, dass es wie die Schiffsschraube mit der gegenüber der Schaufelradmaschine viel leichteren und billigeren Schraubenmaschine betrieben werden kann, die Möglichkeit giebt, Dampfer mit geringem Tiefgang und doch starker Maschinenkraft bauen zu können, was insbesondere für die Erschliessung der unregulirten und streckenweise sehr seichten Flüsse der Kolonialländer von Wichtigkeit ist. Besitzt aber die Binnenschiffahrt einmal einen Fortbeweger, welcher bei jeder Fahrtiefe die Anwendung der Schraubenmaschine mit ihrer hohen Umdrehungszahl und grossen Kolbengeschwindigkeit zulässt, so kann in derselben, wie dieses auch in der Seeschiffahrt geschehen ist, die schwere und deshalb theuere, sowie nur eine geringe Kolben-

Bild 189. Schraubenraddampfer für Kanäle und seichte Flüsse.

geschwindigkeit zulassende und deshalb unwirthschaftlicher arbeitende Schaufelradmaschine entfallen. Einen seichten Schraubenrad-Personendampfer zeigt Bild 189.

Dampfturbine. Zum Schluss soll noch auf die Zukunft der Schiffsdampfmaschinen, auf die Dampfturbine, hingewiesen werden, welche eine wesentlich leichtere Maschinenanlage als selbst die einfache Schraubenhammermaschine darstellt und die allerdings bis heute nur in den Torpedobooten „La Viper“ und „Le Cobra“, welche unterdessen zur See verunglückt sind, ferner in der „Turbinia“ und in letzter Zeit mit grossem Erfolge bei den Personendampfern „Edward VII.“ und „Queen Alexandra“ Anwendung gefunden hat, die aber für die Flussschiffahrt jedenfalls auch vortheilhaft sein würde. Bei entsprechender Anordnung der Turbinen und mit Einschaltung von Zwischenvorgelegen könnten die oben beschriebenen Schraubenräder ganz gut angewendet werden.

Digitized by Google

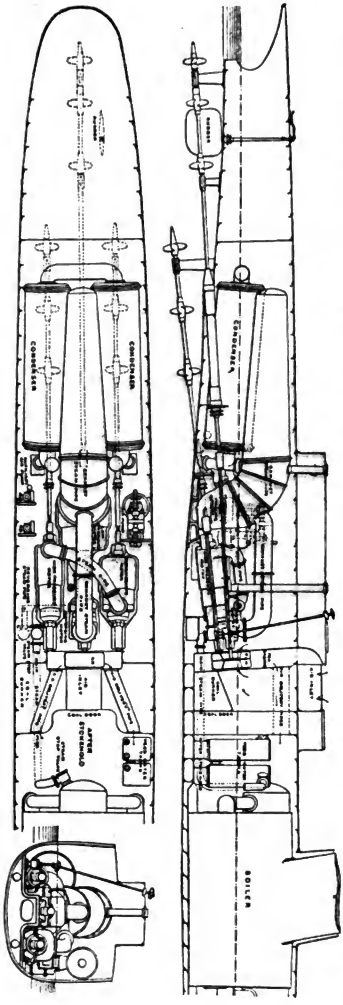


Bild 190. Turbinendampfer „Turbinia".

Die Anordnung einer Dampf - Turbinen - Anlage, System Parson, mit 9 Schrauben veranschaulicht Bild 190. Der Vortheil der Parsonturbine liegt darin, dass bei derselben die Expansionsarbeit des Dampfes ausserordentlich ausgenützt wird. Bei „Edward VII." soll die Gesammt - Expansion eine 120fache sein. Während bei der Lavalturbine der Dampf, nachdem er mit grosser Geschwindigkeit aus einzelnen Düsen ausgeströmt und auf die Laufräder eines Achsialturbinenrades gewirkt hat, dieses mit nahezu demselben Drucke als wie er eingetreten, verlässt, daher weniger wirthschaftlich arbeitet, wirkt er bei Parson auf eine grössere Anzahl hintereinander an derselben Welle angeordneter und durch feststehende Leitschaufelkränze von einander getrennter Laufräder, so dass in jedem dieser nur ein Bruchtheil des ganzen Druckgefälles des Dampfes verbraucht wird. Entsprechend dem wachsenden Dampfvolumen muss der Durchmesser der aufeinanderfolgenden Laufräder zunehmen, welches Parson durch die Anordnung mehrerer nacheinander von Dampf durchströmter Compound-Turbinen erreicht.

Die im Bilde dargestellte „Turbinia" hatte neun auf drei Achsen vertheilte Schrauben und waren die drei Turbinen, welche die Achsen antrieben, derart miteinander verbunden, dass die

Digitized by Google

eine als Hochdruck-, die zweite als Mitteldruck- und die dritte als Niederdruckturbine arbeitete, wodurch der Dampf von 12 Atmosphären Anfangsspannung bis auf 0,7 Endspannung expandiren konnte. Jede Schraube hatte einen Durchmesser von 460 mm und lief bei voller Geschwindigkeit mit 2200 minutlichen Umdrehungen. Vor der Niederdruckturbine, welche die mittlere Schraubenachse antrieb, war für den Rückwärtsgang des Schiffes eine vierte Turbine, die Reversirturbine angebracht, welche während des Vorwärtsganges leer mitlief.

Die Turbinenanlage des 1901 vom Stapel gelaufenen „Edward VII." ist eine ähnliche. Von seinen 5 Schrauben läuft die mittlere grössere mit 700 und die beiden äusseren Achsen, welche je zwei kleinere Schrauben tragen, mit 1000 Umdrehungen in der Minute. Die ganze Maschinenanlage ist bei einer Leistung von 3500 i. HP 66 Tonnen schwer und ertheilt dem Schiffe eine Geschwindigkeit von 37 km in der Stunde.

Wirthschaftlicher Schlepptyp. Wenn aber die Schaffung eines einheitlichen Zugsmittels in der Binnenschiffahrt sich noch im Versuchszustande befindet, so ist die Frage, welche Form und welche Bauart den zu ziehenden Fahrmitteln gegeben werden sollen, im grossen Ganzen als gelöst zu betrachten.

Von einem wirthschaftlichen Schlepptyp wird verlangt:

1. dass er bei möglichst geringem Tiefgange sehr viel trage,
2. dass er eine möglichst leichte und wohlfeile Konstruktion bei genügender Stärke gestatte, wobei die todte Last auf ein Minimum verringert wird und
3. dass zu seiner Fortbewegung möglichst wenig Kraftaufwand erforderlich sei.

Punkt 1 auf die Spitze getrieben, würde bedingen, dass der Schlepp als quadratförmiger Kasten, Punkt 2 dass er cylindrisch oder halbkugelförmig gestaltet sei. Je mehr man sich diesen beiden Formen nähert oder je kürzer, breiter und voller man daher die Bauform wählt, um so mehr Tragfähigkeit kann man mit einem gegebenen Gewichte Eisen erreichen. Diese beiden Punkte müssen aber mit dem dritten in Einklang gebracht werden, welcher wieder fordert, dass die Schiffe möglichst schlank, das heisst im Verhältnis zu ihrer Breite entsprechend lang gehalten werden sollen.

Nachdem jedoch die von Froude, sowie die in neuerer Zeit durchgeführten Zugsversuche über den Widerstand der Schiffe gegen den Zug klargelegt haben, dass die Reibung der Schiffsoberfläche den ausschlaggebenden Theilbetrag des Gesammtwiderstandes bildet, so steht der dritte Punkt, die Bedingung geringen Widerstand zu erzielen, nicht mehr im starren Gegensatze zu jener, die grösste Tragfähigkeit zu erhalten, weil man auf die Schlankheit und Schärfe der Bauform nunmehr keinen so grossen Werth legen muss und einen wirthschaftlichen Typ ohne weiters auch schon bei einem Verhältnis der Länge zur Breite von 8 zu 1 und bei einer Völligkeit von 0,80 erhalten kann.

Insbesondere die in den letzten Jahren ausgeführten Versuche haben in Bezug auf wirthschaftliche Schiffsformen zu folgenden Schlüssen geführt:

1. Nachdem der Oberflächen- oder Reibungswiderstand den bei weitem

Digitized by Google

überwiegenden Prozentsatz des Gesammtwiderstandes bildet, so sind nur solche Schleppkörper zu verwenden, deren benetzte Oberflächen möglichst glatt, demnach sorgfältig gestrichene Eisen- und Stahlflächen sind.

2. Mit Rücksicht darauf, dass der Formwiderstand je nach der Lage des gezogenen Schleppes zum Stromstriche grösser und kleiner, am kleinsten dann wird, wenn der Schlepp während des Zuges parallel mit dem Stromstriche sich in der verlängerten Achsenrichtung des ziehenden Dampfers befindet, sind den Schleppkörpern, damit sie an den Zugseilen in dieser Richtungslage erhalten werden können, derartige Formen zu geben, welche ihnen eine empfindliche und ruhige Steuerfähigkeit ermöglichen. Jenen Schleppen aber, welche in Folge ihrer Abmessungen oder Formen keine genügende Steuerfähigkeit besitzen, muss diese durch eine entsprechende mechanische Steuerungsvorrichtung ertheilt werden.

Des Weiteren ist es ohne weitläufige Erklärungen wohl klar, dass die Zugskosten am Wasserwege für eine Nettoeinheit um so geringer ausfallen müssen, je grösser die Beförderungsschalen gehalten sind. Nimmt man einen Tiefgang als gegeben an, so wird ein doppelt so grosser, zweimal so langer und zweimal so breiter Schlepp viermal so viel tragen, als der einfache, während vier einfache Schleppe bedeutend mehr benetzte Oberfläche, daher Reibungswiderstand haben und deren Anschaffungs- und Erhaltungskosten, sowie deren Bedienung viel grösser als die eines grossen Schleppes sind. Selbstverständlich ist man in den Abmessungsgrenzen der Binnenfahrzeuge durch die Verfassung des Wasserlaufes und theilweise auch durch die kaufmännischen Erfordernisse beschränkt, letztere stehen wieder mit der Anlage von Speichern, Lagerhäusern und Ladevorrichtungen u. s. w. im Zusammenhange.

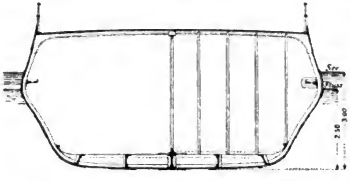


Bild 191. Querschnitt eines seetüchtigen Flussschiffes.

Alle diese Forderungen mit jener in Verbindung gebracht, den Schleppen bei geringstem Leertiefgange die grösste Tragfähigkeit zu geben, sichern dann die Wirthschaftlichkeit eines Binnenschiffahrtsbetriebes.

Seeleichter. Anzuführen ist noch der Typ der sogenannten Seeleichter, welche das Bindeglied zwischen den Binnen- und Seehäfen darstellen und sowohl als Binnenschiff als auch zur See verkehren sollen.

Die Anzahl dieser sogenannten Seeleichter, welche 800 bis 1000 Tonnen Tragvermögen haben, ist in den unteren Stromgebieten bereits beträchtlich. Das Schleppen zur See ist allerdings mit einer grösseren Gefahr verbunden und mangels einer entsprechenden Zugseinrichtung nicht vollkommen. Es werden jedoch, um die Umladekosten in und aus dem Seedampfer zu ersparen, trotzdem schwere Massengüter in Seeleichtern heute schon entlang der Küste und auch über kürzere Seerouten, beispielsweise zwischen Eng-

Digitized by Google

land und dem Rheine und zwischen Odessa und den Donaumündungen, geschleppt.

Um jedoch die Frage eines unmittelbaren Verkehres zwischen Binnenhäfen über See mit Seehäfen ausreichend zu lösen, müsste vor Allem eine Bauform gesucht werden, welche einerseits genügend Stabilität und Widerstand gegen Wellengang besitzt, andererseits aber doch so leicht konstruirt ist, dass sie in der beschränkten Stromtiefe noch eine lohnende Ladefähigkeit zulässt.

Von diesem Gesichtspunkt aus hat Goutier den im Bilde 191 gezeichneten Schraubendampfertyp vorgeschlagen, welcher durch entsprechende Vertheilung der Laderäume Wasserballast aufnehmen und dadurch so tief getaucht werden kann, dass er die zur Seefahrt ausreichende Stabilität erhält. Bei Einfahrt in den seichteren Fluss wird das Wasser aus den Tanks wieder ausgepumpt.

Bagger. Zur Binnenflotte mit Dampfbetrieb gehören endlich noch die Baggerschiffe, welche zur Ausführung der Erdarbeiten unter Wasser

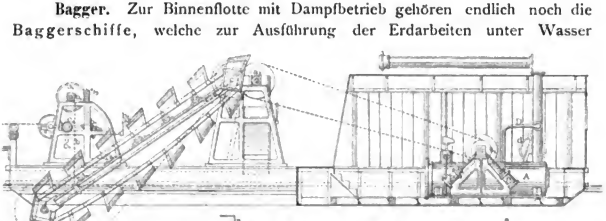


Bild 192. Eimerbagger mit Baggerprahm (Versenkplätte).

A Dampfkessel. C Dampfcylinder, D Auspuff, a_1 a_2 Transmissionsräder, $b—b_2$. $C_1—C_2$ Vorrichtungen zum Heben und Senken des Schöpfwerkes und zum Verstellen des Baggers.

dienen, bei welchen es sich ausser dem Ausheben der Erdmassen, des Baggergutes, in erster Linie noch darum handelt, das ausgehobene Material zu verführen, auszuschieben. Letzteres geschieht auf längeren Strecken mittels der Baggerprähme, auf kürzeren Entfernungen mittels eigener Transportvorrichtungen, welche das Baggergut unmittelbar der Abladestelle zuführen. In den meisten Fällen wird loses Material, Schlick und Schlamm durch lange Rohrleitungen gepumpt und das ausgehobene Gut gleichzeitig zur Aufführung von Dämmen und Uferböschungen verwendet.

Die einfachsten Bagger sind die Löffelbagger, welche die Arbeit der Handschaufel mechanisch nachahmen, indem sie eine an einer Stange befestigte, löffelartige Schaufel durch ein Getriebe, unter gleichzeitiger Senkung und Vorwärtsbewegung in die Hafen-, Fluss- oder Kanalsohle führen und nach erfolgter Füllung wieder heben und in ein Boot entleeren.

Bei dem Drehschaufelbagger bilden zwei oder mehr um Achsen oder Zapfen drehbare Schaufeln das Baggergefäss, welches in geöffnetem Zustande

Digitized by Google

auf die Sohle gesenkt wird, durch Drehung der Schaufeln in diese eindringt, die dadurch losgetrennte Erdmasse aufnimmt, hebt und durch Oeffnen der Schaufeln wieder ausfallen lässt. An Stelle der Schaufeln werden zur Hebung von Steinen, gesprengten Felsmassen und Felskugeln starke Zangen verwendet, welche ähnlich wirken. Der Priestmann'sche Drehschaufelbagger besteht aus zwei Schaufeln, welche um ihre Achsen drehbar sind. Im Gestelle trägt eine starke Achse eine grössere und zwei kleinere Kettentrommeln, an welchen Ketten angreifen. Erstere geht über die Auslegerolle des Drehkrahnes zu dessen Winde, die zwei letzteren wirken auf ein im Gestelle senkrecht verschiebbares Querstück, von welchem Druckstangen ausgehen, die mit den Schaufeln zwei drehbare Kurbelgetriebe bilden. Eine Kette dient zum Senken des offenen Gefässes auf den Flussboden, die andere Kette zum Heben des geschlossenen Gefässes. Durch Drehung des ganzen Krahnes wird das Gefäss über einen nebenliegenden Prahm gehoben und mittels der Kette gesenkt, wobei die Schaufeln sich selbstthätig öffnen und entleeren.

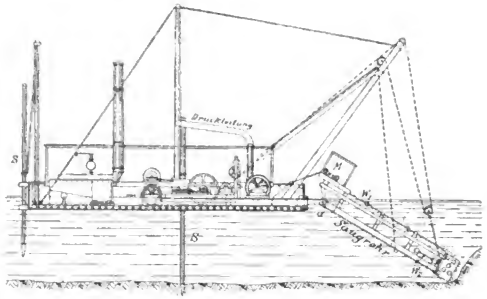


Bild 193. Amerikanischer Saugbagger (M. 1 : 450) i. HP. = 200, Leistung 175 cbm in der Stunde.

Zu grösseren Baggerungen werden die Eimerkettenbagger und die Pumpen- oder Saugbagger verwendet. Einen Eimerbagger sammt Baggerprahm zeigt Bild 192. Aus letzterem wird das zur Ausladestelle gebrachte Baggergut durch Oeffnen der verschliessbaren Bodenstücke entleert. Mit den Pumpenbaggern wird das Material, wenn es lose ist und keinen nennenswerthen Widerstand leistet, entweder mittels Pumpen durch Rohre angesaugt, oder aber, wenn der Boden fester ist, mittels besonderer Zerkleinerungsvorrichtung zuerst losgetrennt und dann durch die Pumpen ausgehoben. Die Rohrleitung wird oft auf grosse Entfernungen unmittelbar bis zur Abladestelle geführt. Bei dem im Bilde 193 dargestellten Pumpenbagger ist am Buge die um die Achse a drehbare dreieckige Leiter gelagert, welche an ihrer Spitze die Zerkleinerungsvorrichtung trägt. Dieselbe besteht aus einem Blockcylinder, der einarmige Schneideschaufeln trägt, welche sich durch Umdrehung der Cylinder in die Sohle einbohren und diese ausschneiden. Den

Digitized by Google

Antrieb der Schneidevorrichtung bewirkt die Welle W_1, welche mittels Zahnradgestänges durch die Dampfmaschine bei M gedreht wird. W_2 ist die Stopfbüchse, in welcher sich die Achse des Blockcylinders bewegt. Das gelockerte Material wird durch das Saugrohr, welches durch die in die Achse a eingeschalteten Krümmer mit dem zur Pumpe führenden Hauptsaugrohre verbunden ist, befördert. Die Druckleitung ist von einer Kreiselpumpe aus senkrecht in die Höhe geführt und an eine 50 bis 70 m lange, seitlich abzweigende Rohrleitung zur Weiterbeförderung des Baggergutes angeschlossen. Soll letzteres noch auf weitere Entfernungen, etwa 1000 m und mehr, befördert werden, so wird die Leitung mit langen Schwimmröhren verbunden. Die Stangen S und S_1 dienen zur Feststellung des Baggers.

Bei den neueren amerikanischen Pumpenbaggern hängt das Saugrohr senkrecht vom Schiffsbuge herab. Dasselbe kann, der jeweiligen Arbeitstiefe entsprechend, teleskopartig verlängert oder zusammengeschoben werden. Die Schneidevorrichtung am Ende des Rohres besteht aus einer Anzahl gekrümmter Pflugscharen, welche während ihrer Umkreisung das abgetrennte Material dem Saugrohre zuschieben.

Endlich sind noch die Spülbagger zu erwähnen, welche die Sohle durch Wasser abspülen. Das gelockerte Material wird dabei von der Flussströmung in tiefere Stellen abgeschwemmt. Zur Vertiefung des New-Yorker Hafens wurde mit Erfolg die Wirkung zahlreicher dünner Wasserstrahlen, welche unter Druck aus einem mit kleinen Löchern versehenem Rohre ausgetrieben wurden, angewendet.

Zu den grossartigsten Baggereinrichtungen gehören jene am Mississippi, dessen mächtige Geschiebeablagerungen ununterbrochen entfernt werden müssen. Manche Saugbagger am Mississippi haben eine stündliche Leistung von 4500 cbm.

Digitized by Google

10. Abschnitt.

Schiffahrt auf verschiedenen Strömen und auf seichten Flüssen.

Der Donaustrom. In Folgendem wird der derzeitige Stand der Schifffahrt auf der Donau, dem Rhein, der Elbe, Oder, Seine und Rhône, sowie die Bestrebungen, die Schiffahrt auf den seichten Wasserläufen der Kolonialländer auszugestalten, behandelt.*)

Die Donau ist nächst der Wolga der mächtigste Strom Europas. Ihre beiden Quellbäche, die Brege und Brigach entspringen am südöstlichen Abhang des Schwarzwaldes und vereinigen sich in dem 678 m über dem Meeresspiegel gelegenen Becken von Donaueschingen.

Die Donau strömt anfangs in südöstlicher Richtung, durchbricht dann den Jura, dessen Südrand sie bis Regensburg begleitet. Ihr oberster Stromlauf, von den beiden Quellen bis Ulm (649 m ü. M.), hat eine Länge von 269 km. Die Zuflüsse auf dieser Strecke sind links die Schmiech, Lauchart, Lauter und Blau, rechts die Ablach, Ostrach und Kanzach. Nach dem ersten grösseren Zuflusse aus den Alpen, der Iller, erweitert sich das Donauthal und wird flössbar, während es mit Dampfschiffen erst ab Regensburg befahren werden kann.

Der gleichmässig breite Flusslauf von Ulm abwärts wird nur unterhalb Stepperg und im Juradurchbruche oberhalb Kelheim verengt. Bei Regensburg (330 m ü. M.) erreicht der Strom seinen nördlichsten Vorsprung und fliesst dann in einer sich bis Pleinting ausdehnenden grossen Thalebene nach Südosten. Von da bis Passau bildet das Donauthal die erste Stromenge, das Hofkirchener-Kachlet. Auf der Strecke von Ulm bis Passau (287 m ü. M.) münden in die Donau links die Brenz, Wörnitz, Altmühl, Nab, Regen und Ilz; rechts die drei grossen Alpenflüsse Lech, Isar und Inn, sowie die Günz, Mündel, Zusam, Paar, Ilm, Abens, Laber und Vils.

Nachdem die Donau bei Engelhartszell das österreichische Gebiet betreten, bildet sie bei Aschach abermals eine Stromschnelle, welcher das breite Becken von Eferding und das Durchbruchsthal von Linz (264 m ü. M.) folgen. Unterhalb Linz verzweigt sich der Strom und bildet einige Inseln bis zur Stromenge Strudel, welchem sich dann das grosse Tullner- und das Wiener-Becken mit dem Marchfeld anschliessen. Bei Wien hat die Donau eine Meereshöhe von 155 m. Innerhalb Oesterreichs Grenzen münden in die Donau links die Mühl, Krems, Kamp und der Grenzfluss March, rechts die Alpenflüsse

*) Die Schiffahrt auf der Wolga und dem Mississippi siehe VI. Theil

Digitized by Google

Traun, Enns, Ibbs, Erlaf, Pielach, Traisen, sowie die Wien, Schwechat und Fischa.

Nachdem der Strom durch die Porta Hungarica, zwischen dem Leithagebirge und den Kleinen Karpathen, in Ungarn eingetreten, breitet er sich unterhalb Pozsony (Pressburg) in das weite Strombecken der oberungarischen Tiefebene aus und bildet die zwei ausgedehnten Inseln, die Grosse- und die Kleine-Schütt. In diesem Becken fliessen rechts die Alpenflüsse Leitha und Raab, links die Karpathenflüsse Waag, Nyitra, Garam und Ipoly zu. Bis zur Raabmündung führt der Strom groben Kies und hat das Bestreben, seinen Stromstrich zu ändern.

Nach Esztergom erweitert sich das Donauthal und wendet sich von Waitzen ab in südlicher Richtung, die Insel Szt. Endre umschliessend, in eine grosse Ebene, welche nur bis unterhalb Budapest (110 m ü. M.) am rechten Ufer von kleinen Bergzügen begleitet wird. Das Bett besteht dann aus breiten regelmässigen Krümmungen, in welchen sich der Strom in mässiger Geschwindigkeit, zwischen Sandufern, Moorflächen und Sumpfwaldungen, bis zu der rechts einmündenden Drau bewegt und durch Stromtheilungen viele Inseln bildet, unter welchen die Csepel und Margita die grössten sind. In diesem Abschnitte ist das Strombett bis zum Beginne der grossen Flusskrümmungen unterhalb Paks ein beständiges. Nach Paks verliert sich aber der Kies und der Strom führt nur noch Sand und Schlamm, welche auch die Ufer bilden, woraus sich die stellenweise grossen Tiefen und mächtigen Krümmungen erklären, welche sich in fortwährender Bewegung befinden und deren Uferschutz ausserordentlich schwierig und kostspielig ist.

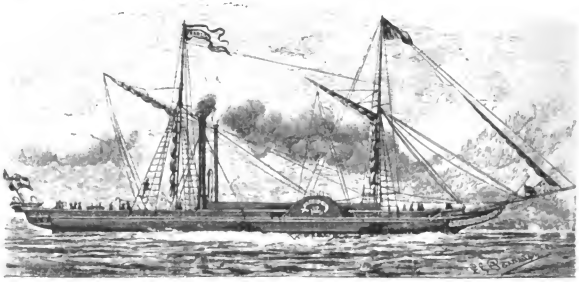
Unterhalb der Draumündung wird der Stromlauf rechts von dem sich annäherndem Gebirgszuge Fruska Gora begleitet, während das linke Ufer ein weit ausgedehntes flaches Ueberschwemmungsgebiet bildet, aus welchem die Theiss mit der Temes zufliessen. Bei Zimony-Belgrad empfängt die Donau ihren grössten Nebenfluss, die Save, wird dann von den serbischen Balkanhöhen in südöstliche Richtung gedrängt, nimmt am serbischen Ufer die Morava auf, worauf das nun mächtige Strombett unterhalb Bazias links von den Ausläufern der Karpathen und rechts vom Balkan begrenzt wird und die grossen Donaukatarakte und das Eiserne Thor (siehe Seite 89) bildet.

Bei Turn-Severin erreicht die Donau Rumänien und wälzt nun ihre grossen Wassermassen in einem gleichmässig breiten und tiefen Bette träge in einer grossen Tiefebene fort. In dem linksseitigen, ununterbrochen gleichförmigen Flachlande haben sich grosse Nebenarme des Hauptstromes mit überbreiten Wasserstauungen, Seen und Sümpfen ausgebildet. An das rechte Ufer nähern sich stellenweise mässige Höhenzüge, wie bei Widdin, Rustzuk und Silistria. Bei Rustzuk beträgt die Strombreite 1300, bei Silistria 2600 m und reicht mit den Nebenarmen oberhalb Braila bis auf 3600 m. Am linken Ufer fliessen dem Strome die Jidositza, Topolnitza, Schyl und die Aluta, am rechten der Timok, die Arcer, der Lom, die Cibra, Ogost, Skit, der Isker, die Vid und Osma zu. Unterhalb Silistria hat die Donau einen nordöstlichen Lauf, nimmt links die Arčič sowie die Oltenica, rechts die Jantra und die untere Lom auf, worauf das Donauthal bei Černavoda eine nördliche Richtung annimmt. Bei Černavoda ist die Donau vom Schwarzen Meere

Digitized by Google

60 km entfernt und wird von diesem nur durch einen niederen Bergsattel der Dobrudscha getrennt, in welchem eine Kanalverbindung des Stromes mit der am Meere liegenden Hafenstadt Constanza unschwer hergestellt werden könnte.

Nachdem der Strom links die Jalomniza und den Sereth mit der Buzeu aufgenommen, verzweigt er in zahlreichen Armen, deren sumpfige Ufer ein weites Ueberschwemmungsgebiet bilden. Der Hauptstrom ist stellenweise bis $1^1/_2$ km breit und bis 40 m tief. Die grösste der vielen Inselbildungen ist die Mačiner Insel bei der Hafenstadt Galaz, wo die Donau noch den von Norden kommenden Pruth empfängt und dann in östlicher Richtung, unterhalb Tulcia das grosse Delta bildend (siehe Seite 48), dem Schwarzen Meere zufliesst. Das Deltagebiet hat eine Fläche von 3000 km², die äussersten Mündungsarme desselben liegen 96 km von einander entfernt.



FRANZ I.

Bild 194. Der erste Donaudampfer im Jahre 1830.

Die Stromlänge der Donau von Donaueschingen bis zur Sulinamündung beträgt 2901 km. Von diesen sind 209 km von Ulm bis Regensburg nur für kleine Holzfahrzeuge und Flösse fahrbar, während von Regensburg bis Sulina auf 2432 km Dampfschiffahrt betrieben wird. Den ersten Donaudampfer zeigt Bild 194. Das Stromgebiet der Donau umfasst 817 000 km². Das Gefälle, die Stromgeschwindigkeiten, die hauptsächlichsten Abmessungen des Strombettes und die bestehenden Schiffahrtshindernisse der Donau sind im I. Theile behandelt (siehe auch Seite 68 bis 75).

Schiffbarkeit der Donaustrecken. Bezüglich seiner Schiffbarkeit lässt sich der Stromlauf in 6 Strecken theilen:

Oberlauf. 1. Regensburg-Passau 153 km. Geringste Strombreite 80 m, geringste Fahrtiefe 1,10 m. Das Gefälle beträgt bis zur Stromschnelle bei Hofkirchen auf je 1000 m im Mittel 0,210 m mit einer Stromgeschwindigkeit von 1,00 m in der Sekunde, in der felsigen Stromschnelle 0,390 m mit Stromgeschwindigkeiten von 1,30 bis 2,00 m in der Sekunde. Der Schleppzug wird von Seitenraddampfern mit 300 bis 400 i. HP besorgt. Die

Digitized by Google

650 Tonnenschleppe verkehren meist mit halber Ladung. Die Schiffahrt durch das Felsengehächel bei Hofkirchen ist schwierig.

2. Passau-Wien, 301 km. Geringste Strombreite 100 m, geringste Fahrtiefe 1,00 m im Felsengehächel unterhalb Aschach. Gefälle 0,300 bis 0,550 m auf 1000 m, Stromgeschwindigkeit 1,80 bis 2,50 m in der Sekunde. Der Betrieb geschieht durch Seitenraddampfer mit 400 bis 600 i. HP. Die 650 Tonnenschleppe fahren mit kaum Zweidrittel ihrer Ladefähigkeit. Die Schiffahrt auf einzelnen Abschnitten ist schwierig.

3. Wien-Gönyö, 147 km. Geringste Strombreite 150 m, geringste Tiefe 1,40 m. Gefälle von 0,250 bis 0,500 m auf 1000 m. Stromgeschwindigkeit 1,50 bis 2,20 m in der Sekunde. Die Zugdampfer haben 400 bis 700 i. HP., die 650 Tonnenschleppe verkehren mit Zweidrittel Ladung.

Mittellauf. 4. Gönyö-Drencova, 808 km. Gleichmässig grosse Strombreiten von wenigstens 190 m mit 1,80 m geringster Tiefe. Gefälle 0,021 bis 0,100 m auf 1000 m. Geschwindigkeit 0,65 bis 1,20 m. In Betrieb sind alle Arten Zugdampfer von 200 bis 800 i. HP, sowie Schraubendampfer von 100 bis 400 i. HP. Die Eisenschleppe von 650 bis 800 Tonnen und die hölzernen Ruderschiffe von 300 bis 500 Tonnen Tragfähigkeit verkehren zumeist mit voller Ladung.

5. Drencova-Turn-Severin, 84 km. Es ist dies die regulirte Kataraktenstrecke mit dem Eisernen Thor-Kanale, mit Stromgeschwindigkeiten von 2,50 bis über 5,00 m in der Sekunde. Der Betrieb ist nur mit sehr starken Dampfern möglich. Um einen vollbeladenen 650 Tonnenschlepp durch den Eisernen Thorkanal ziehen zu können, ist die Maschinenkraft zweier Zugdampfer mit zusammen 1600 i. HP nothwendig.

Unterlauf. 6. Turn-Severin-Sulina, 939 km. Die grossen Strombreiten, die immer genügenden Fahrtiefen, sowie die geringen Stromgeschwindigkeiten lassen die Verwendung aller Gattungen und Grössen von Fahrzeugen zu. Hauptsächlich sind Schraubenboote im Betrieb. Die Schleppe haben bis 2000 Tonnen Tragvermögen. Ab Braïla besteht Seeschiffahrt.

Betriebswerth der einzelnen Donaustrecken. Entsprechend diesen verschiedenartigen Stromverfassungen der einzelnen Strecken sind auch die Betriebsleistungen auf denselben verschieden. Während ein Zugdampfer von 600 bis 700 i. HP zwischen Gönyö-Drencova und T. Severin-Sulina, in gleichmässigem Gefälle geringer Stromgeschwindigkeit, in Tiefen von nie unter 1,80 m, in grossen Strombreiten und bei kaum nennenswerthen Schiffahrtshindernissen keinen Schwierigkeiten begegnet, zu Thal mit beliebigem Anhange, zu Berg aber mit 8 vollbeladenen 650 Tonnenschleppen, eine Nutzlast von 5200 Tonnen oder eine Gesammtlast von 6240 Tonnen mit 5 km Fahrgeschwindigkeit in der Fahrstunde zurücklegt, kann derselbe auf den Strecken Wien-Gönyö und Passau-Wien, wegen der grossen Stromgeschwindigkeiten, der oft beengten, in jähen Krümmungen gehenden Fahrbahn, den Untiefen und Wechselströmungen, nur bei günstigem Wasserstande zu Berg 3 vollbeladene 650 Tonnenschleppe mit einer Nutzlast von 1950 oder einer Gesammtlast von 2280 Tonnen mit 5 km Fortgangsgeschwindigkeit ziehen und zu Thal nur 4 halbbeladene Schleppe nehmen. Die Leistung des Zug-

Digitized by Google

dampfers wird demnach auf diesen Strecken fast auf ein Drittheil verringert.

Nur um weniges günstiger stellt sich der Schiffahrtsbetrieb auf der Strecke Regensburg-Passau, während derselbe auf der Kataraktenstrecke und am Eisernen Thor trotz der dort vorgenommenen Regulirungsarbeiten ganz besonderen Schwierigkeiten begegnet und man mit einem gleich starken Dampfer unter den günstigten Verhältnissen nur ein beladenes 600 Tonnenschiff aufschleppen kann. Die beste Leistung durch den Kanal beim Eisernen Thore hatte bisher der Dampfer „Vindobona", welcher am 12. Dezember 1900 einen 650 Tonnenschlepp mit 500 Tonnen Ladung, 1,74 m Tauchung, bei + 320 Pegelstand in Orsova in 1 Stunde 12 Minuten durch den 1700 m langen offenen Kanal schleppte.

Diese durch die Stromverhältnisse und Fahrwassertiefen der einzelnen Strecken bedingten Unterschiede in der Verwendung und Ausnutzung der Fahrbetriebsmittel kommen am klarsten in den Zugskosten auf den einzelnen Strecken zum Ausdruck. Wenn man diese für ein Tonnenkilometer im Mittellaufe des Stromes zwischen Gönyö und Drencova und im Unterlaufe desselben zwischen T. Severin und Sulina als gleich gross annimmt und mit 1 bezeichnet, so berechnen sich die vergleichenden Zugskosten für ein Tonnenkilometer im Oberlaufe zwischen Passau und Gönyö auf das **$2^1/_2$ fache** und für die Kataraktenstrecke, einschliesslich des Eisernen Thores, auf das **$3^1/_2$ fache.**

Ausgeführte Regulirungswerke. In den letzten Jahrzehnten ist für die Regulirung des Donaustromes viel geschehen und hat dieselbe schon bedeutende Kosten erfordert. Die Arbeiten werden jedoch nicht einheitlich durchgeführt, weil der Strom durch viele Staaten hindurchzieht, in diesen wieder der Wasserbau nicht immer einheitlich geleitet wird, wodurch verschiedenartige Baupläne und Bauweisen zur Ausführung kommen, welche die Verfassung des Stromes oft ungünstig beeinflussen. Es liegt im Interesse der Donauschiffahrt, dass ein gemeinsames Vorgehen angebahnt werde. Von den Regulirungswerken der Donau sind folgende Typen die häufigsten:

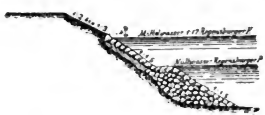


Bild 195. Uferdeckwerk in der bayerischen Donaustrecke.

In Bayern sind als Normalbreite der Regulirungswerke von Regensburg bis zur Innmündung bei Passau 175 m und von da bis zur österreichischen Grenze 230 m angenommen. Die meist aus Stein hergestellten Leitwerke haben eine Kronenbreite von 1,50 m und eine vom Flussgrunde bis zur Niederwasserhöhe reichende feste Steinunterlage. Sie sind bis zur Höhe des Mittelwassers angelegt und besitzen eine unter $1:1^1/_2$ geneigte Pflasterung. Im Bilde 195 ist ein in Bayern übliches Leitwerk, welches nach Massgabe der eintretenden Verlandung stufenweise aufgeführt wird, dargestellt.

In Oesterreich wurden als Normalprofile von der Grenze bis Wien 350 m und von da bis Ungarn 380 m angenommen. Der 13,3 km lange Durch-

Digitized by Google

stich bei Wien hat bei gewöhnlichem Wasserstande eine Breite von 285 m. Dessen Hochwasserbett ist 475 m breit, so dass sich eine äusserste Breite von 760 m ergiebt (Bild 196).

Von den durch die Donau-Regulirungs-Kommission für die niederösterreichische Donaustrecke hergestellten Werken sind im Bilde 197 ein Leitwerksprofil und im Bilde 198 ein Querschnitt durch einen Hochwasserdamm zur Anschauung gebracht.

In Ungarn ist der Wasserbau einheitlich geregelt und, die Kataraktenstrecke ausgenommen, einem Fachministerium unterstellt. Die Normalbreite beträgt von der ungarischen Grenze bei Dévény bis Poszony 300 m (um 80 m weniger als bis Dévény), von Poszony bis zur Raabmündung bei Gönyö von 320 m ansteigend bis 400 m, von Gönyö bis zur Waagmündung bei Komorn

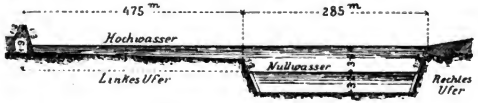


Bild 196. Donaudurchstich bei Wien. (1 : 8500)

450 m; bis Neusatz sind im allgemeinen 450 bis 500 m, bis zur Savemündung 600 m und von da bis oberhalb der Kataraktenstrecke 700 m angenommen.

Die wichtigsten Arbeiten wurden auf dem verwilderten Stromabschnitte zwischen Dévény bis oberhalb Gönyö ausgeführt, von welchem ein aus Stein ausgeführtes Absperrwerk im Bilde 199 dargestellt ist. Die auf der mittleren ungarischen Donaustrecke ausgeführten Werke werden wegen Steinmangel und weil es die dortige geringe Strömung zulässt, als Faschinenbauten

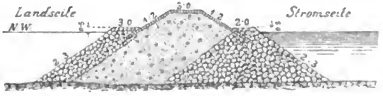


Bild 197. Parallelwerk auf der niederösterreichischen Donaustrecke.

und aus mit Erde gefüllten Korbcylindern, welche mit Steinen belegt werden, hergestellt. Die Arbeiten auf der Kataraktstrecke siehe Abschnitt 3.

Angestrebte Donau-Fahrtiefen. Durch die derzeit in Aussicht genommene Regulirung der oberen Donau für Niederwasser wird beabsichtigt, bei einem Pegelstande von — 1,67 m Rudolfsbrücke in Wien eine geringste Fahrtiefe von 2 m zu schaffen, was nach dem Urtheile massgebender Fachmänner auch einwandfrei zu erreichen ist. Dieses Tiefenmass ist schon mit Rücksicht auf das herzustellende österreichische Kanalnetz unbedingt nothwendig und müsste wegen der Einmündung des Oderkanales vorerst bis Wien und dann wegen der weiteren Verbindung der Donau mit der Moldau bis Linz erfolgen.

Das Wesen dieser Regulirungsbauweise ist im Abschnitt 3 beschrieben.

Digitized by Google

Es war in seinen Grundzügen zuerst in Deutschland bekannt, wo Grundschwellen am Rhein bei Koblenz, an der Elbe, Oder und an der Weichsel zur Verbauung von Auskolkungen und zur Ausbildung eines Niederwasserprofiles dienten und wurde dann von Girardon an der Rhône einheitlich angewendet und systematisch ausgebildet.

Es soll übrigens hier ausdrücklich hervorgehoben werden, dass auch schon die bisherigen Regulirungsarbeiten für Mittelwasser, welche die zahlreichen Donauarme in ein Strombett vereinigten und in erster Linie vom Standpunkte des Schutzes gegen Hochwasser ausgeführt wurden, auch für die Schiffahrt, insbesondere auf der Donaustrecke von Gönyö bis unterhalb Wien von bedeutendem Vortheil waren.

Der Erfolg dieser Regulirungsarbeiten wird durch die folgenden Tabellen klar zum Ausdrucke gebracht. In diesen sind unter der Annahme, dass eine

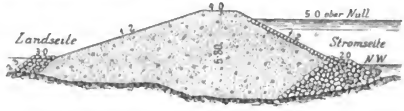


Bild 198. Profil der Hochwasserdämme in Niederösterreich.

Flusstiefe von 1,50 m, welche eine Schlepptauchung von 1,30 m zulässt, einen noch wirthschaftlich lohnenden Schleppzug ermöglicht, die auf den einzelnen Donaustrecken während der Schiffahrtsdauer eines Jahres sich täglich ergebenden Fahrtiefen in Gruppen von 15 dm und mehr und unter $14^{3}/_{4}$ dm zusammengestellt. Werden nun die einzelnen Stromtiefengruppen mit dem auf das betreffende Jahr entfallenden gemittelten Wasserstande verglichen, so ist aus der Zunahme der Tagesanzahl der für die Schiffahrt

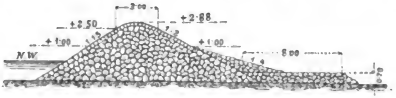


Bild 199. Absperrwerk auf der oberungarischen Donaustrecke unterhalb Pozsony (Pressburg).

günstigen Tiefen von und über 1,50 m eine Schlussfolgerung auf den Erfolg der auf der bezüglichen Strecke durchgeführten Stromregulirung ohne weiteres zulässig.

Fahrtiefen von Regensburg bis Gönyö. Aus den Tabellen I und II sieht man, dass auf den Strecken Regensburg bis Passau und Passau bis Wien die Anzahl der Tage mit für die Schiffahrt günstigen Wasserständen von 15 dm und mehr bei nahezu gleichgebliebener Wasserführung des Stromes nicht zugenommen hat, daher eine Stromvertiefung nicht nachgewiesen werden kann. Die Tabelle III der Strecke Wien-Gönyö zeigt dagegen eine auffallende Zunahme der Tage mit für die Schiffahrt günstigen Tiefen von 15 dm und mehr.

Digitized by Google

I. Regensburg bis Passau 153 km

Jahr	Fahrtiefen in Decimetern von: 18 und mehr	17 bis $17^3/_4$	16 bis $16^3/_4$	15 bis $15^3/_4$	14 bis $14^3/_4$	13 bis $13^3/_4$	12 bis $12^3/_4$	11 bis $11^3/_4$	10 bis $10^3/_4$	9 bis $9^3/_4$	Schiffahrtsdauer Tage	15 dm Tiefen und mehr — also für die Schiffahrt günstige Tage waren	$14^3/_4$ dm Tiefen und weniger — also für die Schiffahrt ungünstige Tage waren	Jahresmittel aus den Wasserständen am Pegel in Passau Centimeter
	waren während der Schiffahrtsdauer vorhanden an Tagen:													
1889	194	12	15	16	9	9	14	8	—	—	277	237	40	+294
1890	105	15	26	56	36	30	16	9	3	8	304 (290)	202 (212 Tage)	102 (78 Tage)	+268 (+277)
1891	118	21	14	20	13	25	14	13	28	13	279 (290)	173 (212 Tage)	106 (78 Tage)	+255 (+277)
1892	146	36	22	32	21	10	18	10	6	—	301	236	65	+292
1897	201	22	16	16	7	7	25	6	—	—	300	255	45	+307
1898	146	19	20	7	10	23	25	23	17	8	298 (297)	192 (197 Tage)	106 (100 Tage)	+245 (+262)
1899	114	21	23	11	26	25	36	26	10	—	292 (297)	169 (197 Tage)	123 (100 Tage)	+243 (+262)
1900	143	8	7	15	20	33	19	39	15	—	299	173	126	+254

Digitized by Google

II. Passau bis Wien 301 km

Jahr	Fahrtiefen in Decimetern von: 18 und mehr	17 bis 17⁸/₄	16 bis 16²/₄	15 bis 15⁷/₄	14 bis 14³/₄	13 bis 13⁸/₄	12 bis 12⁸/₄	11 bis 11² ₄	10 bis 10⁵/₄	9 bis 9⁸/₄	Schiffahrtsdauer Tage	15 dm Tiefen und mehr — also für die Schiffahrt günstige Tage waren	14⁸/₄ dm Tiefen und weniger — also für die Schiffahrt ungünstige Tage waren	Jahresmittel aus den Wasserständen am Pegel in: Passau	Linz	Wien
	waren während der Schiffahrtsdauer vorhanden an Tagen:													Centimeter		
1889	217	13	8	9	10	4	8	8	—	—	277	247	30	+294	+96	+26
1890	142	26	23	21	31	30	11	9	6	5	304	212	92	+268	+66	+ 8
1891	143	4	11	21	30	26	8	9	2	25	279	179	100	+255	+15	−30
1892	184	16	21	17	19	30	12	1	1	—	301	238	63	+292	+46	+27
1897	226	12	12	6	17	16	11	—	—	—	300	256	44	+307	+59	+35
1898	184	12	23	14	5	10	18	28	4	—	298	233	65	+245	−15	−46
1899	180	8	8	6	14	26	21	16	13	—	292	202	90	+243	+ 2	− 7
1900	204	2	3	2	9	19	17	23	17	3	299	211	88	+245	− 2	+ 2

290 | 219 | 71 | +277 | +55 | +8 | 297 | 225 | 72 | +262 | +11 | −4

Digitized by Google

III. Wien bis Gönyö 147 km

Jahr	Fahrtiefen in Decimetern von: 18 und mehr	17 bis 17⁴/₄	16 bis 16³/₄	15 bis 15¹/₄	14 bis 14¹/₄	13 bis 13²/₄	12 bis 12¹/₄	11 bis 11²/₄	10 bis 10³/₄	9 bis 9¹/₄	Schiffahrtsdauer Tage		15 dm Tiefen und mehr — also für die Schiffahrt günstige Tage waren		14³/₄ dm Tiefen und weniger — also für die Schiffahrt ungünstige Tage waren		Jahresmittel aus den Wasserständen am Pegel in Wien	
	waren während der Schiffahrtsdauer vorhanden an Tagen:																Centimeter	
1889	58	28	65	77	29	20	—	—	—	—	277		228		49		+26	
1890	91	17	22	50	39	28	29	25	3	—	304	290	180	212	124	78	+ 8	+ 8
1891	41	30	31	85	61	14	4	4	8	1	279		187		92		−30	
1892	159	33	26	35	18	15	13	1	1	—	301		253		48		+27	
1897	197	17	35	9	20	22	—	—	—	—	300		258		42		+35	
1898	158	19	23	36	28	27	7	—	—	—	298	297	236	248	62	49	−46	−4
1899	168	10	31	26	19	31	4	3	—	—	292		235		57		− 7	
1900	206	9	23	26	29	6	—	—	—	—	299		264		35		+ 2	

IV. Katarakte und Eisernes Thor (Drencova bis Turn-Severin), 84 km.

Jahr	Fahrtiefen in Decimetern von: 18 und mehr	17 bis 17⅜	16 bis 16⅞	15 bis 15¾	14 bis 14⅜	13 bis 13¾	12 bis 12⅜	11 bis 11⅜	10 bis 10¾	9 bis 9¾	8 bis 8¾	Schiffahrtsdauer Tage		15 dm Tiefe und mehr, also für die Schiffahrt günstige Tage waren		14¾ dm Tiefe und weniger, also für die Schiffahrt ungünstige Tage waren		Jahresmittel aus den Wasserständen am Pegel in Orsova in Centimetern	
	waren während der Schiffahrtsdauer vorhanden an Tagen																		
1889	114	14	9	10	11	28	24	33	20	5	Ochsenzug 10*)	278	282	147	132	131	151	+ 324	+ 283
1890	16	15	20	22	43	53	26	24	15	13	Ochsenzug 24	271		73		198		+ 235	
1891	83	3	3	34	39	14	8	4	12	12	Ochsenzug 67	279		123		156		+ 270	
1892	137	29	10	8	10	23	6	7	8	11	Ochsenzug 52	301		184		117		+ 303	
1897	133	19	15	14	15	25	15	10	10	2	Ochsenzug 42	300	297	181	244	119	53	+ 350	+ 293
1898	116	14	28	48	20	7	10	7	6	7	ganz unfahrbar 35	298		206		92		+ 247	
1899	292	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	292		292		—		+ 272	
1900	275	4	10	9	1	—	—	—	—	—	—	299		298		—		+ 303	

*) Seichte Plätten wurden im Gegenzuge durch Ochsen gezogen.

Digitized by Google

Fahrtiefen der Donau-Kataraкte. Die Tabelle IV über die täglichen Stromtiefen auf der Kataraktenstrecke und dem Eisernen Thore vor und nach den Regulirungsarbeiten zeigt, dass die Regulirung dort wesentlich grössere Fahrtiefen geschaffen hat. (Siehe auch Seite 89.)

Donauschiffahrt und Flotte. Der Umstand, dass die Donau in ihrem Oberlaufe mit keinem anderen Wasserstrassengebiete in Verbindung steht, ausserdem als Gebirgsfluss, trotz der bisher ausgeführten Regulirungsarbeiten, noch vielfache Erschwernisse bietet, hat es mit sich gebracht, dass der Schiffahrt auf der österreichischen Strecke keine massgebende Rolle zufällt, während sie für Ungarn, Rumänien, Serbien und Bulgarien von grosser wirthschaftlicher Bedeutung ist. Aus diesem Grunde hat auch die Schiffahrt im Oberlaufe keine namhafte Entwicklung genommen, während dieselbe in dem für sie viel günstigeren Mittellaufe und Unterlaufe in lebhaftem Aufschwunge begriffen ist.

Die wichtigste Rolle fällt der Donau in Rumänien und Bulgarien zu, wo sie ab Bratla unmittelbar mit der Seeschiffahrt in Verbindung steht und den grössten Theil des Gesammtverkehrs dieser Länder sowohl in der Ausfuhr von Getreide und Rohstoffen, als auch in der Einfuhr von Industrieerzeugnissen und Kohle vermittelt.

Während auf der österreichischen Donaustrecke die Ruderschiffahrt in stetem Rückschritt begriffen ist und nur einige grössere Gesellschaften den Verkehr mit beiläufig 40 Dampfern von 20 000 i. HP und mit 250 Schleppen von 100 000 Tonnen Tragvermögen aufrecht erhalten, wird auf dem ungarischen Donaugebiete eine von Jahr zu Jahr an Ausdehnung gewinnende lebhafte Dampf- und Ruderschiffahrt betrieben und der Verkehr durch beiläufig 200 Schiffseigner mit nahezu 230 Dampfern von 60 000 i. HP, sowie 1400 Schleppen und Ruderschiffen von nahezu 500 000 Tonnen Tragvermögen unterhalten, und im Unterlaufe der Donau die Schiffahrt von 540 Schiffseignern mit 130 Dampfern von 40000 i. HP, sowie 1200 Schleppen und Seglern mit 400 000 Tonnen Tragfähigkeit ausgeübt.

Den Schiffspark der Ersten k. k. priv. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft nicht einbezogen, verkehren auf der bayerischen und österreichischen Donaustrecke etwa 14 Dampfer mit 4000 i. HP, 70 eiserne Schleppe mit 27 000 Tonnen und 80 Ruderschiffe und Plätten mit 8000 Tonnen Tragfähigkeit, auf den ungarischen und serbischen Strecken

60 Raddampfer	mit	23000	i. HP
50 Schraubenboote	„	5000	i. HP
300 eiserne Schleppe	„	130000	Tonnen
und 600 Ruderschiffe und hölzerne Boote .	„	132000	„
Tragfähigkeit,			

auf den bulgarischen, rumänischen und russischen Strecken.

25 Raddampfer	mit	7000	i. HP
70 Schraubenboote	„	10000	i. HP
400 eiserne Schleppe	„	160000	Tonnen
und 600 hölzerne Schiffe und Segler . . .	„	160000	„
Tragfähigkeit.			

Digitized by Google

Wenn man zu dieser Flotte den auf allen Donaustrecken verkehrenden Schiffspark der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft*)

von 164 Raddampfern . . . . mit 71000 i. HP
14 Schraubenbooten . . . „ 4000 i. HP
und 867 eiserne Schleppen . . . von 375000 Tonnen
Tragvermögen hinzurechnet,

*) Die 1830 gegründete Erste k. k. priv. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft stellt die grösste derzeit bestehende Schiffahrtsunternehmung dar. Deren Leistung beträgt alljährlich eine Milliarde Tonnenkilometer und nahezu 100 Millionen Personenkilometer. Der Tonnengehalt ihrer Flotte ist grösser als jener der gesammten übrigen österreichischen Binnen- und Seeschiffahrt. Während das Tragvermögen ihrer Flotte 1898 384550 Tonnen betrug, und zwar: 164 Raddampfer und 14 Schraubenboote mit zusammen 75000 i. HP und 9367 Tonnengehalt, ferner 867 Eisenschleppe mit zusammen 375183 Tonnen Tragvermögen, bestand die österreichische Seeschiffahrtsflotte 1898 aus:

Lloyd mit	64 Dampfern	mit	143000 Tonnen
Uebrige Seeschiffahrten weiter Fahrt . . .	41 Schiffe	„	51800 „
Küstendampfschiffahrt	14 Dampfer	„	3000 „
Küstensegelschiffahrt	1426 Seglern	„	17100 „
zusammen	1545 Dampfern und Seglern	mit	214900 Tonnen

und die österreichische Binnenschiffahrtsflotte aus:

		Dampfer	Schleppe mit	Tonnen
Donau	Allgemeine österr. Baugesellschaft	3	20	1800
	Donau-Regulirungs-Unternehmung	7	34	1800
	A. Poschacher	1	26	7800
	Antheile der auf der österr. Strecke verkehrenden Flotte der Süddeutschen Dampfschiffahrt und ungar. Fluss- und Seeschiffahrt beiläufig mit	8	50	26000
Binnenseen	Alle österr. Binnenseen und die Gmundener Salzhandlungs-Gesellschaft	26	150	8000
Elbe u. Moldau	Antheile der auf der österr. Strecke verkehrenden Nordwestdampfschiffahrt	15	80	26000
	der Elbeschiffahrt „Kette“ . . .	10	20	6000
	der Sächsisch-böhmischen . . .	18	5	2000
	der Prager Moldau- und Elbedampfschiffahrt	16	—	2000
Bodensee	K. k. Bodenseeschiffahrt	6	6	2500
Ruderschiffahrt	Oesterr. Ruderschiffahrt auf der Donau, Elbe, Moldau, Weichsel, Przemsza, dem Sanflusse, Dniester u. s. w. beiläufig . . .	—	800	27000
		110	1191	
	zusammen	1301 Dampfern und Schleppen mit		110900

daher die See- und Binnenschiffahrt aus 214900 + 110900 = 325800

Digitized by Google

so ergiebt sich eine gesammte Donauflotte von:

263	Raddampfer	mit	105000 i. HP
134	Schraubenboote	„	19000 i. HP
1637	eiserne Schleppe	„	692000 Tonnen
und 1280	hölzerne Boote, Ruderschiffe, Segler und Plätten	„	300000 „

Tragvermögen.

In nachstehender Tabelle sind die Abmessungen und Tonnengehalte der auf den einzelnen Donaustrecken üblichen Fahrbetriebsmittel zusammengestellt:

Digitized by Google

Gattung der Fahrzeuge	Grösste Länge	Grösste Breite
	in Metern	
Regensburg-Passau.		
1. Plätten und Thalruderschiffe aus Holz	25—34	4—6
2. Bretter- und Baumflösse	57—65	3—4
3. Raddampfer*)	bis 52	14
4. Eiserne Schleppe	25—58	4—8
Passau-Gönyö.		
1. Verschiedene kleinere Holzfahrzeuge	4—42	1—7
Trauner	14—29	2—6
Plätten: Tirolerplätten	25—30	4—6
Plätten: Kehlheimerzillen	42—44	5—6
Plätten: Sechserinnen	27—41	3—4
2. Flösse aller Gattungen	47—57	11
3. Raddampfer*)	bis 60	16
4. Eiserne Schleppe	25—58	4—8
Gönyö-Turn-Severin.		
1. Verschiedene Holzfahrzeuge	bis 47	3—8
Hölzerne Frucht- und Ruderschiffe (Privatschiffe)	44—55	7—9
„ Razinen	44—57	5—10
2. Flösse, meist oberhalb Budapest verkehrend	—	—
3. Raddampfer und Schraubendampfer*)	bis 67	bis 17
4. Eiserne Schleppe	45—68	5—9
Turn-Severin-Braila.		
Der Verkehr wird ausser durch Dampfer und Schleppe verschiedener Gattungen auch durch Segelschiffe vermittelt, jedoch ist die Segelschiffahrt ohne Bedeutung		
1. Ausser verschiedenen hölzernen Barken verkehren von den Segelschiffen hauptsächlich:	8—38	3—8
Girlaschen	19—36	6—11
Seeschiffe: Brigantinen, Schooner	16—25	4—7
2. Ueberwiegend Schraubendampfer*)	48—76	bis 17
3. Eiserne Schleppe	48—70	6—10
Braila-Galaz-Sulina.		
Unbehinderte Schiffahrt für alle Gattungen Fahrzeuge, Dampfer, Schleppe, Segelschiffe und Seedampfer. Tiefe und Breite des Flussbettes bei jedem Wasserstande für Seeschiffe ausreichend.	Alle Arten von Fluss- und Segel-	

*) Die Breite versteht sich einschliesslich der Schaufelräder.

Digitized by Google

Höhe	Tiefgang mit Ladung	Tragfähigkeit	Anmerkung
in Metern		in Tonnen	
0,8—1,5	0,6—1,3	56—106	[1]) Die Tragfähigkeit der Schleppe kann auf der bayerischen Donau bei grösseren Fahrzeugen wegen der ungünstigen Wasserstände und des seichten, felsigen Flussbettes zwischen Hofkirchen und Passau (Kachlet) nicht voll ausgenützt werden, weshalb die Fahrzeuge nicht über 16 dm Tiefgang getaucht werden, die mittlere Schlepptauchung beträgt 12 dm
0,6—0,5	0,4—0,8	67—100	
2,3	bis 1,0	—	
1,1—2,5	0,9—1,8	90—650 [1])	
0,1—1,9	0,2—1,1	1—196	Die Verwendung der Dampfer auf den einzelnen Strecken wechselt mit den Wasserstands- und Stromverhältnissen.
0,6—1,5	0,6—1,3	5—112	
0,8—1,6	0,8—1,4	56—112	
1,3—1,9	1,7	168—196	[2]) Auch auf dieser Strecke können die Schleppe in ihrem Tragvermögen nicht voll ausgenützt werden. Bei sehr gutem Wasserstande beträgt deren Tauchung in seltenen Fällen 18 dm und im Mittel 14 dm.
0,6—1,1	0,4—0,9	17—56	
0,3—1,0	0,8	67—150	
2,7	bis 1,1	—	
3,5	0,9—2,1	bis 600 [2])	
1,0—3,5	0,5—1,9	bis 168	Der grösste Verkehr nebenstehender Gattungen von Plätten, Ruderschiffen etc., sammelt sich zwischen Budapest und Zimony; unterhalb Zimony bis Bazias kommen dieselben weniger vor und verkehren auf den Katarakten überhaupt nicht. [3]) Bei gutem Wasserstande wird die Tragfähigkeit in der Strecke von Turn-Severin bis Budapest und Gönyö voll ausgenützt und verkehren die Schleppe auch mit 800 t. Die mittlere Tauchung beträgt, die Katarakten-strecke ausgenommen, 19 dm.
3,5—5,1	1,3—1,9	280—450	
2,2—3,2	1,9—2,4	350—560	
—	—	—	
bis 3,2	bis 1,4	—	
2,2—2,7	1,2—2,1	bis 800 [3])	
0,8—1,9	0,6—1,3	7—380	Der Verkehr der Segelschiffe dehnt sich von Bralla bis Silistria-Rustschuk aus, bis T. Mogurello und Calafat hinauf seltener. Die grossen Seeschiffe fahren in der Regel nur bis Bralla.
1,9—2,6	1,6—2,2	50—355	
2,2—3,8	1,6—3,3	28—210	
bis 2,9	bis 1,5	—	[4]) Das Tragvermögen kann auf dieser Strecke zumeist voll ausgenützt werden.
2,3—4,0	1,8—3,0	bis 2000 [4])	

und Seedampfern, Schleppkähnen schiffen.

Strom- und Seeschiffahrt.

Digitized by Google

Ausser diesem Parke sind auf der Donau zur Aufrechterhaltung der Schiffahrt noch verschiedene Hilfsfahrzeuge in Verwendung wie schwimmende Dampfauslader und Dampfkrahne zur Leichterung der Schleppe bei Niederwasser, Rettungsdampfer mit Dampfpumpen zur Bergung der Schleppe bei Havarien, ferner Einrichtungen zur Hebung gesunkener Schiffe, Eimerbaggerschiffe, Rechenbaggerdampfer und endlich Stockwinde- und Steinhebevorrichtungen, sowie Wasserschauboote zur Erhaltung und Vermalung der Fahrstrasse.

Schleppzug auf der Donau. Im Donaugebiete wird der Schleppzug derzeit ausschliesslich durch freifahrende Dampfer besorgt. Im oberen Laufe sind nur Raddampfer und hauptsächlich eiserne Schleppe, im Mittellaufe auch Schraubendampfer und Holzschiffe in Verwendung, während im Unterlaufe jede Gattung von Frachtbooten und Seglern und vorwiegend Schraubenboote in Betrieb sind.

Ein Tauerzug besteht auf der Donau nur im Kanale beim Eisernen Thore mit Rücksicht auf die in diesem herrschende ausserordentliche

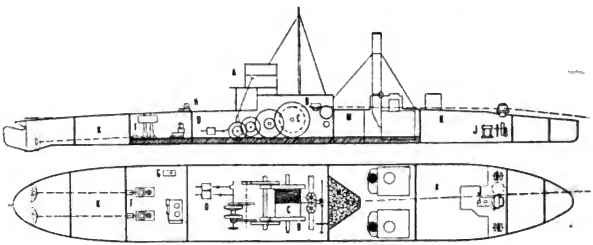


Bild 200. Seilschiff am Eisern-Thor-Kanal.

A Kommandobrücke. B Seilordner. C Seiltrommel. D Antriebsmaschine für die Seiltrommel. F Schraubenmaschine. G Elektrische Lichtmaschine. H Kabestan zum Verholen der Schlepptaue. J Seilführung. K Wohnräume. M Kohlenbunker.

Strömung, für jene Schiffahrtsgesellschaften, deren Zugdampfer dieselbe allein nicht überwinden können. Dieser Schleppzug wird mit einem den Lombard-Gérin'schen Rhônetauern nachgebildeten Seilschiffe (Bild 200) besorgt, welches das Drahtseil mit seiner in der Schiffsmitte befindlichen Haspelvorrichtung aufwindet. Der Schiffskörper ist 53,7 m lang, im Hauptspant 7,5 m breit, im Hintersteven, um den Schrauben einen entsprechenden Durchmesser geben zu können 2,1 m, sonst aber 1,5 m tief. Der Körper ist für die grossen Beanspruchungen, denen er ausgesetzt ist, mit besonders starken Längs- und Querfundamenten versteift, hat im Mittelschiff einen Doppelboden und ist der Länge nach durch 7 Schotten in 8 wasserdichte Räume getheilt. Die 2,7 m lange Seiltrommel hat einen äusseren Durchmesser von 2,5 m und wird von einer Compound-Maschine mit 300 i. HP. mittels Zahnradübersetzung angetrieben. Das aus 123 Stahldrähten geschlagene Seil hat bei einem Durchmesser von 31,5 mm eine Bruchfestigkeit von 84,3 Tonnen. Zur selbst-

Digitized by Google

ständigen Bewegung des Tauers dienen zwei Schraubendampfmaschinen mit zusammen 500 i. HP. In einer gemessenen Stromgeschwindigkeit von 4,7 m in der Sekunde hat dieses Seilschiff bei einer mittleren Fortgangsgeschwindigkeit von 0,58 m zwei vollbeladene 650 Tonnenschleppe bergwärts durch den Kanal gezogen, wobei die Trommelantriebsmaschine 260 i. HP. leistete und für jeden Schlepp im obersten Kanalabschnitte eine Zugkraft von 8,5 Tonnen erforderlich war. Nachdem der Tauereigenwiderstand 6 Tonnen beträgt, so war das Seil insgesammt mit 23 Tonnen auf Zug beansprucht.

Der Schleppzug auf der Donau, besonders in der Strecke oberhalb Wien und auf den Katarakten gestaltet sich schwierig, doch gerade diese Schwierigkeiten sind vom Standpunkte des Schiffahrtsbetriebes anregend und geben einen fortwährenden Ansporn, den Erschwernissen durch technische Ausbildung und Verbesserung der Fahrbetriebsmittel zu begegnen, um die Schiffahrt auch unter den ungünstigsten Verhältnissen aufrecht erhalten zu können. Diese Umstände im Vereine mit den fortschreitenden Regulirungsarbeiten brachten es mit sich, dass in der Donauschiffahrt heute eine grosse Anzahl zeitgemäss gebauter, eiserner Schleppe mit 650 Tonnen Tragvermögen und wirthschaftliche Dampfer mit Maschinenstärken bis 1000 i. HP. in Betrieb stehen, während noch vor 14 Jahren keine grösseren Schleppe als solche mit 400 Tonnen und eine Reihe unwirthschaftlicher und schwacher Dampfer den Verkehr vermittelten.

Durch die Einführung solcher leistungsfähiger Betriebsmittel wurde die Wirthschaftlichkeit der Donauschiffahrt sehr gehoben. In auffälliger Weise wird dieses durch die Betriebsleistungen der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft erwiesen. Im Jahre 1887 benöthigte dieselbe zur Fortbewegung ihres damaligen Parkes von 735 Schleppen mit 236 400 Tonnen Tragfähigkeit 140 Zugdampfer mit 53 000 i. HP. und leistete mit dieser Flotte 817 Millionen Tonnenkilometer. Auf ein Schlepp entfiel im Mittel ein Tragvermögen von 321,6 Tonnen und für den Zug von einer Tonne waren 0,2242 i. HP. erforderlich. Im Jahre 1900 leisteten dagegen 114 Zugdampfer mit 49 000 i. HP. und 820 Schleppe mit 380 000 Tonnen Tragvermögen 1000 Millionen Tonnenkilometer. Auf einen Schlepp entfiel demnach ein Tragvermögen von 463,4 und für den Zug von einer Tonne Tragvermögen waren nur mehr 0,1289 i. HP. nothwendig. Es wurde somit innerhalb 14 Jahren der Zug von einer Tonne um die Kosten von 0,0953 i. HP. verbilligt. Die Leistung der Zug- und Frachtdampfer ist für eine Fahrstunde von 2966 auf 4966 Tonnenkilometer gestiegen. Die 817 000 000 Tonnenkilometer benöthigten 1887 219 687 Tonnen Kohle, die Milliarde des Jahres 1900 dagegen nur 178 881 Tonnen.

Normalschleppe der Donau. Durch die Verschiedenheit der nutzbaren Fahrtiefen auf den einzelnen Strecken ist es nicht möglich, für den durchlaufenden Donaubetrieb grössere Schleppe als mit 600 Tonnen Tragfähigkeit zu verwenden. Der übliche Typ ist derzeit der 650 Tonnenschlepp, welcher 1887 von der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft in Betrieb gebracht wurde und derart gebaut ist, das er bei voller Tauchung noch günstige Wasserlinien hat, wodurch er einerseits den starken Strömungen keinen übergrossen Widerstand bietet, andererseits aber eine möglichst grosse Ladefähigkeit auch

Digitized by Google

bei Niederwasser zulässt. Der Körper ist 58,00 m lang, 7,97 m breit, 2,60 m hoch, hat bei einem Leertiefgang von 0,40 m einen Völligkeitsgrad von 69 pCt., mit 420 Tonnen einen solchen von 77 pCt. und mit voller Ladung 84 pCt. Bei seiner grössten zulässigen Tauchung von 2,10 m nimmt er 650, bei mittlerem Wasserstande mit 1,80 m 530, bei Niederwasser mit 1,40 m 380 und unter den ungünstigsten Verhältnissen bei einer Tauchung von 1,00 m noch immer 219 Tonnen.

Auf Grundlage der im Donaubetriebe durchgeführten Zugswiderstandsversuche wurde im Jahre 1900 ein neuer Schlepptyp, der 670 Tonnenschlepp, in Betrieb gesetzt, welcher ein sehr befriedigendes Ergebnis liefert. Derselbe (Bild 201) hat 63,00 m Länge, 8,20 m Breite und 2,40 m Höhe, einen Leertiefgang von 0,35 m, vollbeladen einen Völligkeitsgrad von 86 pCt., nimmt bei seiner grössten zulässigen Tauchung von 1,90 m 675, bei 1,80 m 630, bei 1,40 m 453 und bei 1,00 m 277 Tonnen. Der hauptsächlichste Vortheil dieser Bauform gegenüber der früheren liegt darin, dass sie ein möglichst geringes Eigengewicht hat, wodurch sie bei einer Tauchung von 1,80 m um 100 Tonnen mehr Ladung nehmen kann als der 650 Tonnenschlepp.

Die Tauchungsverhältnisse sowie die baulichen Einzelheiten des 670 Tonnenschleppes sind:

Tragfähigkeit dm	Tonnen	
4	20,7	Trägt mit jedem Decimeter Mehrtauchung:
5	62,4	im leeren Zustande: 42 Tonnen,
6	104,8	bei über 10 dm Tauchung: 44 „
7	147,5	Laderäume: 4.
8	190,5	Länge derselben: I. 12,00 m,
9	233,7	II. 14,40 „
10	277,2	III. 14,40 „
11	320,8	IV. 12,00 „
12	364,6	
13	408,5	4 Ladeluken bei 2,20 m Breite: I. 7,20 m lang,
14	452,5	II. 10,20 „ „
15	496,8	III. 10,20 „ „
16	541,1	IV. 7,20 „ „
17	585,6	2 Drehkrahne.
18	630,1	Nutzbare Deckfläche ohne Lukendeckel 240 m².
19	674,9	Registertonnen-Gehalt 287,71.

Der Vordersteven ist von der Wasserfläche an rund gebogen und sowie der Achtersteven aus Winkeleisen und Blech zusammengesetzt, damit beide bei grosser Widerstandsfähigkeit möglichst leicht werden. Das Heck ist eine einfache Plattform, welche, durch Winkel unterstützt, nur so gross an den Schiffskörper angebaut ist, dass die Steuervorrichtung und die Büffel darauf untergebracht werden können.

Die aus einem Stücke gebildeten Spanten liegen von der Kiellinie bis zur Schandecklinie in Entfernungen von je 600 mm. Im Vor- und Achterschiff sind dieselben aus Winkeleisen zusammengefügt. Die Laderäume lagern auf starken Rahmenspanten.

Digitized by Google

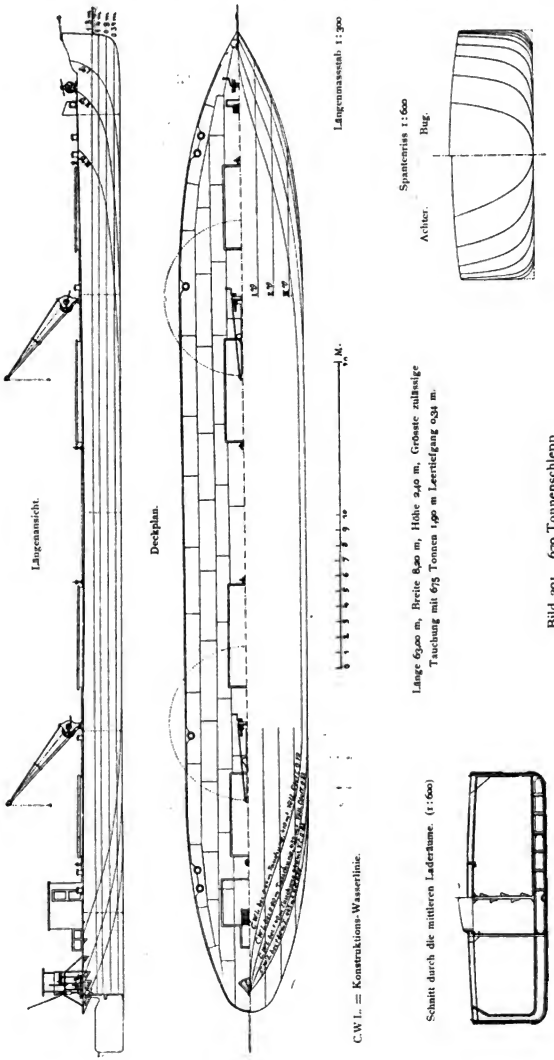


Bild 201. 670 Tonnenschlepp.

Digitized by Google

Die Bodenwrangen sind 415 mm hoch und 6 mm dick. Auf den Spanten sind zwei Längsfundamente aus U-Eisen, 300 × 65 × 65 mm, auf 1400 mm Entfernung voneinander angenietet. Die obere Flansche wird mit dem Bodenstreuwinkel durch kurze Winkeleisen verbunden. Die Längsfundamente streichen von der Achterschotte durch die mittleren Schotten bis zur Bugschotte. Es sind 5 ganze und 2 halbe Schottwände vorhanden.

Die Deckbalken sind aus U-Eisen und mit Rücksicht auf die Deckladung so stark, dass sie, mittschiffs unterstützt, eine Belastung von wenigstens 500 kg auf den m² aufnehmen können. Unter den Balken ist ein Durchzug aus Winkeleisen angebracht. Die Aussenbeplattung der senkrecht stehenden Schiffswände ist überlappt, an der Ueberlappung einfach genietet. Die Bodenplatten sind $4^1/_2$ mm, die Kimmungsplatten 5 mm, die Seitengänge $5^1/_2$ mm und die Scheergänge 5 bis 7 mm stark. Die Deckbeplattung besteht aus 5 bis 6 mm starkem Riffelblech. Die Deckstützen werden aus U-Eisen gebildet und mit den Bodenwrangen vernietet, unter Deck aber mit Knieblechen versehen. Die Scheerstöcke der Laderaumluken sind 6 mm stark und mit dem Deck durch Winkel versteift. Die Bodenstreuwinkel liegen in den Laderäumen in einer Höhe von 415 mm und tragen 40 mm dicke Fussbodenverschalungen.

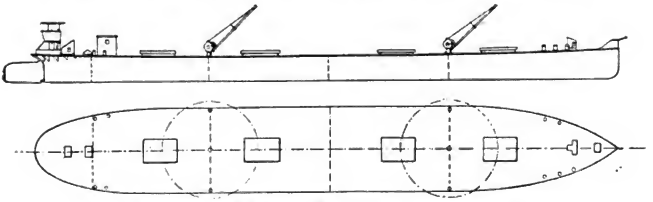
Die ganze Bauart ist derart gewählt, dass ein möglichst leichter und seichter, aber dennoch genügend steifer und tragfähiger Schiffsrumpf erzielt wird. Dessen Betriebssicherheit wird ferner dadurch erhöht, dass 6 Abtheilungen vorhanden sind, von welchen die 4 mittleren die Laderäume, die 2 äusseren die Wohnräume bilden. Wenn einer dieser durch Schotten wasserdicht gegen die übrigen abgeschlossenen Räume leck wird und sich auch ganz mit Wasser füllt, so hat der Körper dennoch genügende Schwimmfähigkeit, um nicht unterzusinken. Diese Reserveschwimmfähigkeit beträgt bei vollkommen ausgenützter Tauchung 25 % des ganzen Schiffskörpers.

Die Festigkeit des Schiffskörpers ist unter Annahme der verschiedenen Belastungen der einzelnen Laderäume aus folgender Derstellung ersichtlich:

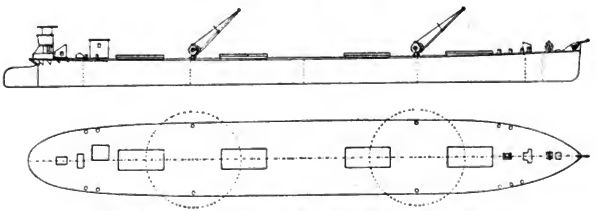
Belastungen der einzelnen Laderäume I.	II.	III.	IV.	Deplacement	Grösstes Biegungsmoment in Metertonnen	Sicherheits-Koefficient gegen Durchbiegung	Grösste Beanspruchung auf einen Cm²
■	■	■	■	130	160	19,40	205
		■	■	780	190	24,60	162
	■	■	■	623	894	4,12	970
			■	451	971	3,70	1053
■				280	1009	3,65	1094
	■	■		287	1045	3,52	1133
■			■	437	1161	3,17	1259

Digitized by Google

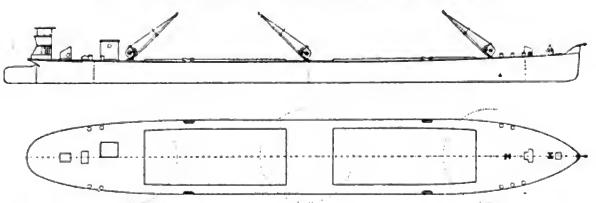
820 Tonnenschlepp mit Eisendeck. 61.10 m Länge, 9,20 m Breite, 2,76 m Bordhöhe, Tiefgang 2,10 m = 820 t.



650 Tonnenschlepp mit Eisendeck. 58,10 · 7,97 · 2,60. Tiefgang 2,10 = 650 t.



450 Tonnenschlepp ohne Deck, offen. 58,12 · 8,00 · 2.22. Tiefgang 1,60 = 465 t.



300 Tonnenschlepp, löffelförmig, mit abnehmbarem Holzdach. 45,70 · 7,90 · 1,60. Tiefgang 1,40 = 325 t.

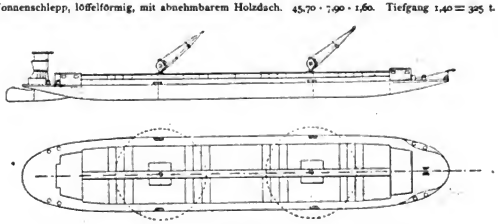


Bild 202. Eiserne Donauschlepptypen. (M. 1 : 500)

Digitized by Google

Die Biegungsmomente bewegen sich von 160 bis 1161 Metertonnen und ergiebt sich aus der Berechnung, dass auch bei den ungünstigen Gleichgewichtslagen diese Schiffsform unter jeder Beanspruchung genügende Festigkeit besitzt.

Bauformen der Eisernen Donauschleppe. Einschliesslich der im Bilde 201 beschriebenen Bauform bestehen im Donaubetriebe hauptsächlich folgende Eisentypen:

	Länge m	Breite m	Tiefgang in m bei voller Tauchung von
Der 1800 Tonnenschlepp mit Deck	87,00	10,20	2,50 = 1800 t
„ 820 „ „ „	61,10	9,20	2,10 = 820 t
„ 670 „ „ „	63,00	8,20	1,90 = 675 t
„ 650 „ „ „	58,10	7,97	2,10 = 650 t
„ 500 „ offen ohne „	61,00	9,20	1,60 = 587 t
„ 450 „ „ „ „	58,12	8,00	1,60 = 465 t
„ 400 „ mit „	56,00	8,00	1,60 = 400 t
„ 300 „ Löffelform Dachverschluss	45,70	7,90	1,40 = 325 t

Den 820, 650, 450 und 300 Tonnentyp zeigt Bild 202.

Ausserdem sind noch ältere Schlepptypen von 350 Tonnen, ferner kleine Schleppe, sogenannte Plätten mit 150 bis 200 Tonnen Tragvermögen für den Begakanal, die Seitenflüsse und den örtlichen Verkehr und endlich kleine Leichterboote vorhanden. Die dem Donauverkehr eigenartigen Ruderschiffe, sowie die aus Holz erbauten kleineren Typen sind im Abschnitt 8 behandelt.

Eine besondere Art der Donaufahrzeuge bilden noch die Tankschleppe, welche zum Transporte von Petroleum, das über See von Batum und Baku nach Sulina kommt, dienen. Die durch Querschotten gebildeten einzelnen Laderäume werden mit Erdöl gefüllt und weil dieses, wenn es der Sonnenwärme längere Zeit ausgesetzt ist, sich stark ausdehnt und verflüchtigt, so stehen die Laderäume durch über denselben angeordnete kleine Expansionstanks miteinander in Verbindung. Durch den ganzen Schlepp gehen ferner umfangreiche Pumpenleitungen, mit welchen man jeden Laderaum leicht füllen und lenzen kann. Auch am Rhein und der Elbe sind derartige Tankschleppe in Betrieb. Unter den Seetankdampfern ist einer der grössten, der Hamburg anlaufende „August Korff", welcher 108 m lang, 13,9 m breit und bei 7 m Tiefgang eine Gesammtladung von 5500 Tonnen, darunter in 16 Oelräumen 4900 Tonnen Petroleum aufnehmen kann.

Bauformen der Donauzugdampfer. Die Abbildung 203 zeigt die hauptsächlichsten Bauformen der Donauzugdampfer. Von diesen verkehrt die Form A, eine Dreicylindermaschine mit 700 i. HP auf allen Strecken bis Wien; die Form B, eine Zweicylindermaschine, Compound, mit 600 i. HP, hauptsächlich auf der oberen Donaustrecke von Gönyö bis Passau; der leichtgebaute Dampfer C, mit 400 i. HP auf der Strecke Wien bis Regensburg. Bild 204

Digitized by Google

A. **Millennium.** Drei-Cylindermaschine mit 700 i. HP. Länge 62,00 m, Breite 8,50 m. Tiefgang 1,25 m.

B. **Daniel.** Compound-Maschine mit 600 i. HP. Länge 60,00 m. Breite 8,00 m, Tiefgang 1,15 m.

C. **Austria.** Compound-Maschine mit 400 i. HP. Länge 58,00 m, Breite 7,50 m Tiefgang 0,80 m.

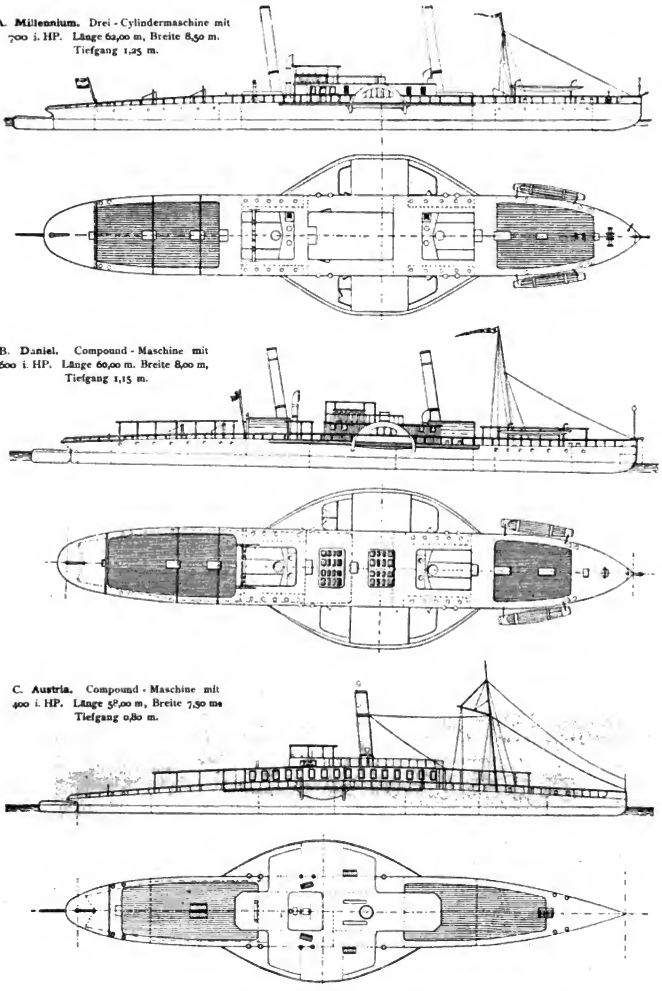
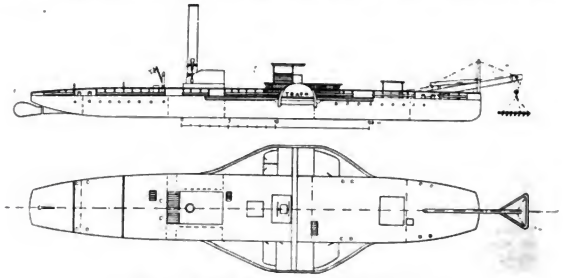


Bild 203. Donauzugdampfer. (M. 1 : 500)

Digitized by Google

zeigt einen mit einem Baggerrechen ausgerüsteten Dampfertyp der oberen Donau. Der im Bilde 171 Seite 254 gezeichnete Schraubendampfer, mit einer Zweicylinderhammermaschine von 400 i. HP fährt auf der Strecke oberhalb der Katarakte bis Budapest, vermittelt den dortigen Stückgüterdienst, nimmt eine



Länge 45,72 m, Breite ohne Räder 7,01 m, Tiefgang 0,75 m.

Bild 204. Donauzugdampfer mit Baggerrechen für seichte Stromstrecken, 350 i. HP. (M. 1 : 500)

Ladung von 500 Tonnen am Körper und schleppt gleichzeitig 4 Schleppe mit 600 Tonnen zu Berg. Ein auf der untersten Donau den Schleppzug vermittelnder Schraubenbugser ist im Bilde 186 Seite 272 dargestellt. Dieselben haben 120 bis 400 i. HP und tauchen 1,80 m bis 2,50 m tief.

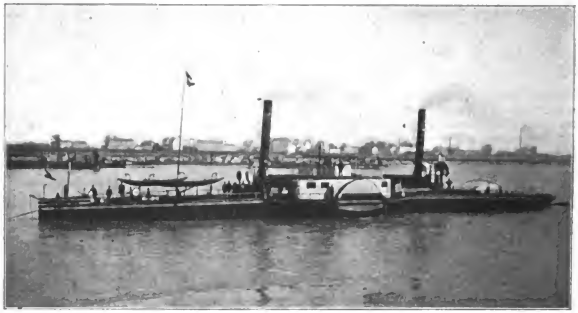


Bild 205. Donauzugdampfer „Thommen". Drei-Cylindermaschine, 650 i. HP.

Normalzugdampfer. Von den neueren Donauzugdampfern sind die in den Bildern 205 und 206 gezeichneten deshalb besonders hervorzuheben, weil sie trotz ihrer Grösse auf allen Donaustrecken bis Passau verwendet werden

Digitized by Google

können. Besonders die Maschine des Typ „Pécs" (Bild 207) ist sehr leicht, für die beim Schaufelrad grösstmögliche Zahl von 50 Umdrehungen in der Minute konstruirt. Um hierbei die zulässige Radumfangsgeschwindigkeit nicht zu überschreiten, haben die Räder nur einen Durchmesser von 2500 mm über die Drehungspunkte der Schaufeln. Jedes Rad hat 6 starke bewegliche gekrümmte Eisenschaufeln von 900 mm Höhe und 3650 mm Länge. Dieser Grösse wegen ruhen die Schaufeln auf 3 Trägern und innenbord auf einer festen Radlagerung. Die durchgehende Radwelle ist am äusseren Ende des Radkastens unterstützt.

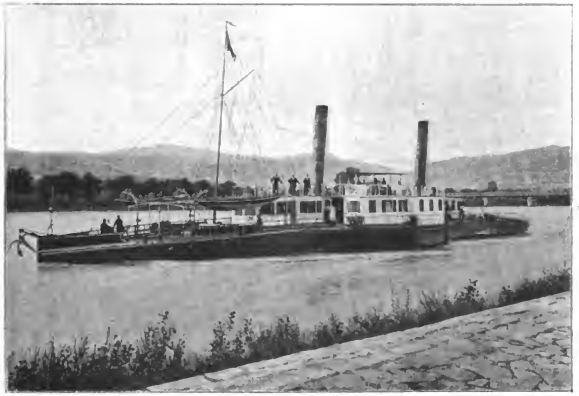


Bild 206. Donauzugdampfer „Pécs", Zwei-Cylindermaschine, 650 i. HP.

(Bei dieser grossen Schaufellänge ist es übrigens angezeigt, die Schaufel nicht aus einem Stücke herzustellen, sondern in zwei getrennte Flächen zu theilen, deren jede dann durch einen eigenen Excenter bewegt wird). Die Compoundmaschine der „Pécs", für 8,5 Atmosphären Kesseldruck, liegt geneigt auf einem Framewerk aus Stahlguss. Der Hochdruckcylinder hat 690 mm, der Niederdruckcylinder 1200 mm Durchmesser. Der Hub beträgt 1550 mm. Die Maschine leistet im Zuge mit ganzem Anhange und 30pCt. Cylinder-Einlass rund 650 i. HP, die Leistung kann jedoch mit grösserem Füllungsgrade auf 1000 i. HP gesteigert werden.

Digitized by Google

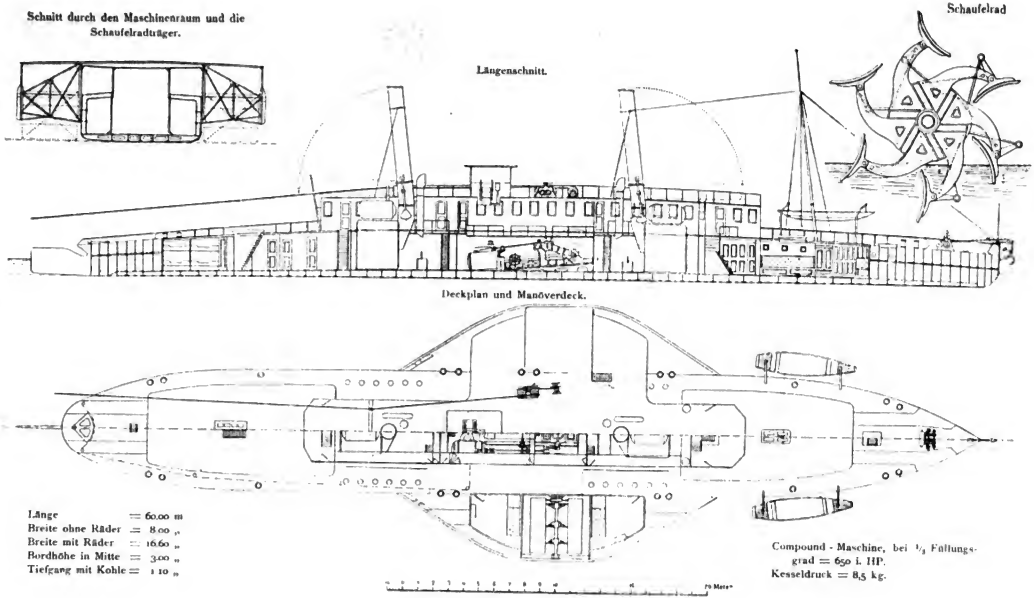


Bild 207. Zugdampfer „Pécs".

Digitized by Google

Probefahrten der „Pécs".

Dampfdruck kg	Einlass: Hochdruck %	Einlass: Niederdruck %	Umdrehungen des Schaufelrades	i. HP	Anhang: Anzahl der Schleppe	Anhang: Ladung in Tonnen
Leerfahrten an der gemessenen Meile:						
8,3	32	38,0	50	725,0		
8,0	40	49,5	52	828.8		
8,2	63	67,0	57	1008,7		
Fahrten mit Anhang auf der mittleren Donau:						
8,5	74	78,0	52,0	1145,2	10	3094
8,5	37	45,5	35,5	615,0	10	3336
8,5	40	49,5	38,0	747,9	12	4233

Die Arbeitsleistung der Dampfcylinder zeigt das Diagramm Bild 208. Das obere Diagramm entspricht den beiden Seiten des Hochdruck-, das untere den beiden Seiten des Niederdruck-Cylinders.

Der mittlere Dampfdruck aus einem Diagramme wird so berechnet, dass man die Fläche des Diagramms bestimmt (am besten mittels Planimeters) und diese durch die Länge des Diagramms dividirt. Die indizirte Leistung berechnet sich derart nach der Formel:

$$\text{i. HP}_h = \frac{\text{O p h H 2 n}}{75 \cdot 60},$$

worin O die Kolbenfläche in cm², p h den mittleren Dampfdruck im Hochdruck-Cylinder in Kilogramm auf einen cm², H den Hub in Meter und n die Umdrehungszahl der Maschine in einer Minute bedeutet, für den

Hochdruck-Cylinder i. $HP_h = 361{,}6$,
Niederdruck-Cylinder i. $HP_n = 386{,}3$,
somit für die ganze Maschine $= 747{,}9$ i. HP.

Das Gewicht der Maschine der „Pécs" sammt Rädern beträgt 65 t, jenes der beiden Kessel mit Wasser 71 t. Der Cylinderkörper und der Schieber sind aus Gusseisen, alle übrigen Maschinentheile aus Stahlguss und geschmiedetem Flusseisen, die zwei dreifeuerigen cylindrischen Kessel mit Siederöhren aus Martins Flusseisen hergestellt.

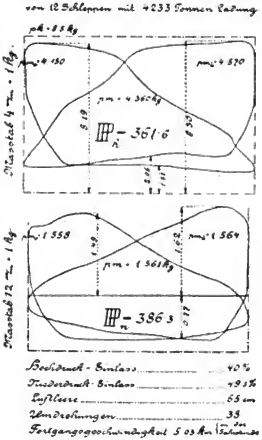


Bild 208.

Digitized by Google

Kessel, Rohrleitung und Cylinder sind, um die Wärmeverluste auf das Aeusserste einzuschränken, mit blauem Asbest verkleidet. Die Kamine haben Gegengewichte, welche ein rasches und leichtes Umlegen ermöglichen.

Das Vorderschiff hat, um die Bugwellen zu verringern, schlanke Wasserlinien, während der Achter voll ist. Die durch den leicht gebauten Schiffskörper gehenden Längsverbände machen denselben stark, verhindern die Längsschwingungen desselben während der Fahrt und seine Durchbiegung. Der Rumpf ist durch 7 eiserne Schotten in 8 wasserdichte Räume getheilt, wodurch bei nicht allgemeiner Leckage ein vollständiges Sinken unmöglich wird. Kessel, Maschine und die Eingänge zu den Räumlichkeiten sind in einem gemeinschaftlichen Aufbau untergebracht, auf dessen Deck die Rollenbremsen und Winden für die Schlepptaue, sowie das im Abschnitte 12 beschriebene Patentsteuer stehen. Durch diese Einrichtungen wird Bemannung erspart

Bild 209. Donauschiffswerfte in Budapest (Óbuda).

und es spielen sich alle Manöver unter unmittelbarer Aufsicht des Schiffsführers oder Steuermannes ab.

Der Dampfer zieht zu Berg auf der mittleren oder unteren Donaustrecke gewöhnlich 8 eiserne Schleppkähne mit je 650 Tonnen Nutzlast mit einer Geschwindigkeit von 5 km gegen Land. Er legt eine Strecke von 100 km somit in 20 Fahrstunden zurück. Die Fahrstunde mit 52 Kronen Betriebskosten gerechnet, stellen sich die Zugskosten für den Tonnenkilometer auf 0,20 Heller.

Zugskosten zeitgemässer Donaudampfer. Auch die übrigen in den letzten Jahren gebauten Donauzugdampfer ergeben eine wirthschaftlich günstige Leistung. In nachstehender Tafel sind verschiedene Leistungen derselben auf der mittleren, unteren und auf der oberen Donaustrecke, sowie die sich für die jeweilige Reise durch die zurückgelegten Fahrstunden ergebenden reinen Zugskosten (Traktion) zusammengestellt:

Digitized by Google

Leistungen der neuen Zugdampfer der I. k. k. priv. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft in der Bergfahrt im Jahre 1901.

Dampfer	Kilometer in der Fahrstunde	Nutzlast in Tonnen	Tonnenkilometer in der Fahrstunde aus		Zugskosten*) für den Tonnenkilometer Heller	Maschinen-Anlage	Angewandte Maschinenstärken in i. HP
			der Ladung, Nutzlast	den Schleppkörpern und der Ladung			
Mittlere Jahresleistungen.							
1. Wien bis Passau.							
Banhans	4,53	896	4 056	7 100	1,38	Zwei Cylinder (Compound)	600—700
2. Gönyö bis Wien.							
Thommen	4,87	997	4 856	7 789	0,92	Drei Cylinder	600—650
Daniel	5,15	1099	5 661	9 427	0,83	Zwei „	700—800
Europa	5,00	1088	5 450	8 722	0,81	Drei Cylinder	700—900
3 Drencova bis Gönyö.							
Magyar	5,46	2294	12 549	20 061	0,33	Zwei Cylinder	700
Vindobona	4,58	2771	12 729	20 468	0,32	„	700—800
Europa	5,25	2790	14 669	22 747	0,29	Drei Cylinder	700
Millennium	4,98	3204	15 965	24 897	0,28	„	700
Einzelne grössere Zugsleistungen.							
1. Wien bis Passau.							
Banhans	4,22	1173	4 955	7 203	1,12	Zwei Cylinder	600—700
2. Gönyö bis Wien.							
Glanz	4,68	1560	7 306	10 906	0,73	Zwei Cylinder	700—800
Europa	5,76	1318	7 403	11 281	0,70	Drei Cylinder	700
3. Drencova bis Gönyö.							
Daniel	4,36	4451	19 436	29 620	0,26	Zwei Cylinder	700
Europa	4,11	4715	19 423	29 561	0,24	Drei Cylinder	700
Bisherige grösste Zugsleistungen.							
1. Wien bis Passau.							
Pécs**)	4,15	1252	5 200	7 818	1,00	Zwei Cylinder	600—750
2. Gönyö bis Wien.							
Millennium	4,71	1585	7 476	11 546	0,67	Drei Cylinder	700—900
3. Drencova bis Gönyö.							
Millennium	3,70	6139	22 740	31 518	0,21	Drei Cylinder	700
Europa	4,21	4958	20 899	29 916	0,20	„	700
4. Durch den Eisernen Thor-Kanal.							
Magyar	1,54	430	664	988	6,14	Zwei Cylinder	900—1050
Vindobona	1,41	500	708	1 008	5,80	„	900—1100

*) Die Zugskosten setzen sich zusammen aus den Kosten für die Löhne und Bordgebühren (Tonnenkilometergelder), Kohle und Fettverbrauch, Ausbesserung und Abschreibung des Schiffskörpers, Maschine, Kessel und der Ausrüstung, aus den Verlusten an Ausrüstungsgegenständen und aus verschiedenen kleineren Schiffsunkosten.

**) Gleichzeitig bisherige grösste Zugsleistung durch den Struden.

Digitized by Google

Alle diese Typen wurden auf den Schiffswerften der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft erbaut, von welchen Bild 209 einen Hafentheil der Werfte Budapest (Óbuda) darstellt.

Der Rhein. Den Ursprung des Rheins bilden Gletscherbäche des Gotthardmassives, von denen der Vorderrhein dem 2340 m hochgelegenen Tomasee entspringt, sich nach einem 60 km langen Laufe durch den von Medels kommenden Mittelrhein, sowie andere starke Zuflüsse verstärkt, bei Reichenau (586 m ü. M.) mit dem in der Adulargruppe in einer Höhe von 2216 m entspringenden Hinterrhein vereinigt und, nach Aufnahme der Plessur, als Hochgebirgsfluss in nördlicher Richtung in einem sich bis an den Bodensee erstreckenden Thale fliesst, in welchem er die Lanquart, Ill und Tamina aufnimmt.

Nachdem der Rhein in dem 395 m hochgelegenen Bodensee sein Geschiebe abgelagert und den Untersee durchquert hat, fliesst er bis Schaffhausen zwischen hohen Ufern in einer Breite von 60 bis 130 m, auf dieser Strecke schon Kähne und kleinere Dampfboote befördernd. Nach Schaffhausen wird sein Gefälle stärker, es zeigen sich immer bedeutendere Wirbel, bis der Strom endlich in einer Breite von 170 m über eine Felswand in einen 24 m tiefgelegenen Kessel hinunterstürzt. Unterhalb dieses Rheinfalles, welcher natürlich die Schiffahrt unterbricht, mässigt sich das Gefälle bis zu dem zweiten Rheinkatarakt bei der Mündung der Aare, in dessen Felsenbarre eine 6 m breite Lücke bei niedrigem Wasser den Schiffen eine Durchfahrt bietet, während bei hohem Wasserstand der Strom über die Felsen braust und dann die Schiffahrt unmöglich macht. Zum drittenmale wird die Schiffahrt bei Laufenburg unterbrochen, wo ein starker Gefällsbruch, der Grosse Laufen, einen Wassersturz verursacht. Oberhalb Rheinfelden liegt endlich die vierte Stromschnelle, das Gewild, welches die Schiffe nur mit grösster Vorsicht überfahren können. Der Oberlauf des Rheins bis Basel (252 m ü. M.) ist 456 km lang; in denselben münden: rechts die Wutach, Alb, Wehra und Wiese, links die Thur, Glatt, Aare und Birs.

Unterhalb Basel fliesst der Strom in nördlicher Richtung zwischen niederen Ufern in Krümmungen bis zum Gebirgsthale des Rheinlandes Er durchströmt dann die Oberrheinische Tiefebene, in der er durch Stromtheilungen zahlreiche Werder und Kiesbänke bildet. Bei Mainz beträgt die Rheinhöhe 80 m über dem Meere. Durch die im Jahre 1872 beendete Regulirung wurde auf dieser Strecke der Flusslauf durch Geradestreckung um 72 km abgekürzt.

Unterhalb Germersheim bildet der Rhein grosse Krümmungen (Bild 210) und bis Bingen in ansehnlicher Strombreite mehrere Inseln. Bei Bingen beginnt der Stromdurchbruch durch das rheinische Schiefergebirge. Das Stromthal ist von steilen Bergen eingeengt, in welchem die regulirten Katarakte, das Binger Loch, die Felsengruppe zwischen Bacharach und Kaub, das Wilde Gefähre und die Bank bei St. Goar, eine vorsichtige Schiffahrt erfordern. Unterhalb Boppard liegen in einer Stromkrümmung noch einige Felsenbarren. Bei Koblenz verlässt der Rhein das Schiefergebirge und strömt nun, nachdem er die Mosel aufgenommen, als Tieflandstrom ruhig und

Digitized by Google

mächtig dahin. In dem 450 km langen Mittellaufe fliessen dem Rhein zu: die Elz, Kinzig, Rench, Murg, Alb, Pfinz und der Neckar, ferner die Ill, Moder und Sauer, die Lauter und der Queich, sowie der Main, die Nahe, Lahn, Wied, Mosel, Nette und Ahr. Im Unterlaufe geht das Stromgebiet nach und nach in ein bis zum Mündungsgebiete reichendes Flachland über. Unterhalb der Grenzstadt Emmerich (11 m ü. M.) theilt sich der Rhein in zwei Arme. Der links abzweigende, der Waal, vereinigt sich in seinem Stromlaufe zweimal; er führt bis Dortrecht den Namen Merwede und mündet als Maas in die Nordsee. Der rechte, kleinere Arm heisst zuerst Niederrhein, theilt sich oberhalb Arnheim in zwei Arme, von denen der eine nach abermaliger Gabelung unter dem Namen Yssel in den Zuidersee mündet, während der linke Arm unter dem Namen Neuer Rhein bis Wyck, parallel mit dem Waal fliesst und sich hier vielfach theilt. Links führt er unter

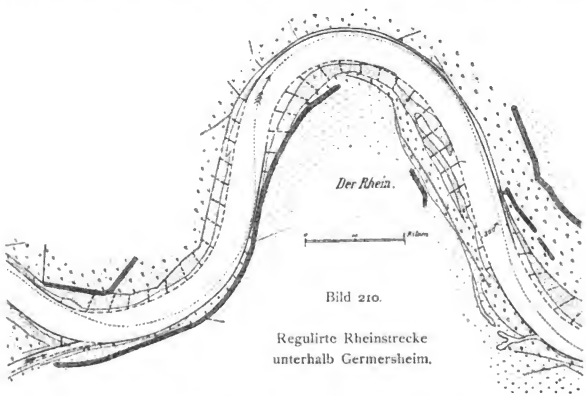


Bild 210.

Regulirte Rheinstrecke unterhalb Germersheim.

dem Namen Lek die grössere Wassermenge, rechts geht der Krumme Rhein nach Utrecht, wo dieser sich abermals in die Vecht, welche in den Zuidersee bei Muiden mündet und in den Alten Rhein, der über Leiden zur Nordsee fliesst, gabelt. Letzterem wurde durch einen Kanal ein künstlicher Ausweg zur See geschaffen. Das niedergelegene Uferland des Unterrheines ist durch grosse Deichanlagen gegen Ueberschwemmung gesichert. Im Unterlaufe münden in den Strom die Sieg, Wupper, Ruhr, Emscher, Lippe und Erft.

Das Gebiet des Oberrheines reicht demnach von den Quellen bis Basel, jenes des Mittelrheines bis zum Austritte des Stromes aus dem rheinischen Schiefergebirge in die Kölner Tieflandbucht bis Koblenz, jenes des Unterrheines bis zur niederländischen Grenze. Letzterem schliesst sich dann das Mündungsgebiet an. Die ganze Stromlänge beträgt 1225 km, von welchen 886 km schiffbar sind. Die Breite des Stromes ist bei Reichenau 50, an der Mündung in den Bodensee 65, bei Basel 200, bei Mannheim 330, bei Mainz 620, bei

Digitized by Google

Koblenz 430, bei Köln 520, bei Wesel 620 und bei Emmerich 990 m. Das Stromgebiet umfasst von den Rheinquellen bis zum Beginne des Mündungsdeltas 159540 km².

Der Rhein durchströmt die bevölkertsten Gebiete mit grossen Industrien. Er steht durch schiffbare Nebenflüsse, sowie durch den Rhein-Rhône- und Rhein-Marne-Kanal und durch den Ludwigskanal mit dem Innern Deutschlands, Frankreichs, Belgiens, der Niederlande und der Donau in Verbindung.

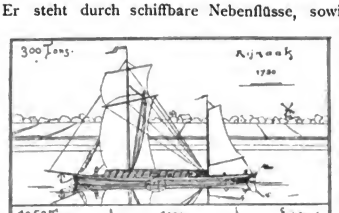


Bild 211. Rheinschlepp aus den Jahren 1750 und 1893.

Rheinschiffahrt und Rheinflotte. Das erste Dampfschiff befuhr den Rhein im Jahre 1817. Im Jahre 1901 verkehrten am Rheinstrome 185 Raddampfer und 904 Schraubenboote. Von dieser Flotte bedienten etwa 200 die Personenbeförderung und 889 den Schleppzug und Frachtendienst. Die Schleppflotte bestand aus 3874 eisernen und 4307 hölzernen Schleppen und Segelschiffen mit zusammen 2633500 Tonnen Tragfähigkeit. (Tabelle Seite 317.)

Bild 211 zeigt einen alten und einen modernen Rheintyp. Die eisernen Rheinschleppe tragen zumeist 400 Tonnen, beiläufig 750 Schleppe 500 bis 700 Tonnen und einzelne Kohlenschleppe 1050 bis 1500 Tonnen. Letztere haben 85,00 m Länge, 10,50 m Breite und mit

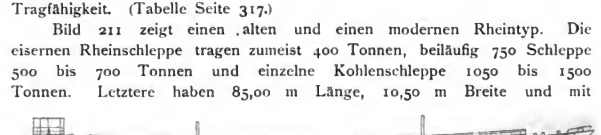


Bild 212. Rheinschlepp mit 1050 Tonnen Tragfähigkeit.

grösster Ladung 2,60 m Tauchung. In neuester Zeit wurden einige eiserne Schleppe mit 2070 Tonnen in Dienst gestellt, welche bei 94 m Länge eine grösste Tauchung von 2,70 m haben. Die grossen Schleppe über 1000 Tonnen befahren hauptsächlich die Strecke Mannheim—Ruhrort—Rotterdam. Der grösste Theil der Flotte verkehrt am Niederrhein bis Ruhrort. Die Seitenansicht, den Grundriss und Deckplan eines typischen Rheinkahnes zeigt Bild 212. In einer Bordseitenhöhe von 2,00 m wird der Schiffskörper durch eine starke Stringerplatte in einer Breite von 0,60 m abgeschlossen, auf welcher die 0,50 m hohen senkrechten Wände der Ladeluken aufgesetzt sind. Diese Kähne werden oft so tief beladen, dass die

Digitized by Google

Uebersicht der in das Rheinschiffahrts-Register 1901 eingetragenen Dampfer, Schleppe und Segelkähne.

Heimatsstaat	Räder-Dampfboote		Schrauben-Dampfboote		im Ganzen		Schleppe und Segel-Kähne									im Ganzen		
							aus Holz			aus Eisen und Mischbau			aus Stahl					
								Tragfähigkeit			Tragfähigkeit			Tragfähigkeit			Tragfähigkeit	
	Anzahl	Indicirte Pferdekräfte	Anzahl	Indicirte Pferdekräfte	Anzahl	Indicirte Pferdekräfte	Anzahl	im Ganzen	durchschnittlich	Anzahl	im Ganzen	durchschnittlich	Anzahl	im Ganzen	durchschnittlich	Anzahl	im Ganzen	durchschnittlich
Baden	17	12 805	48	9679	65	22 484	271	29 620	106	221	165 831	750	68	86 914	1278	560	282 365	504
Bayern	2	264	8	418	10	682	219	18 063	82	29	11 210	393	5	2788	558	253	32 061	127
Bremen							—	—	—	—	—	—	1	325	325	1	325	325
Elsass-Lothringen	1	850	25	5450	26	6300	37	4131	111	17	10 714	630	1	1301	1301	55	16 146	294
Hessen	11	6684	68	6372	79	13 056	157	15 595	99	139	92 436	665	9	10 625	1181	305	118 656	389
Preussen	118	60 918	314	51 274	432	112 192	322	49 463	154	884	646 842	732	172	181 498	1055	1378	877 803	637
Württemberg	1	—	7	770	8	770	4	560	140	3	1503	501	2	486	243	9	2549	283
Deutsches Reich: zusammen	**150**	**81 521**	**470**	**73 963**	**620**	**155 484*)**	**1010**	**117 432**	**116**	**1298**	**928 536**	**718**	**258**	**283 937**	**1101**	**2561**	**1 329 905**)**	**519**
Belgien	1	140	81	8515	82	8655	682	154 180	226	371	111 136	300	186	60 123	323	1239	325 439	263
Grossbritannien	—	—	—	—	—	—	41	5656	138	2	1096	548	—	—	—	43	6752	157
Niederlande	34	10 158	352	41 543	386	51 701	2547	323 600	127	1625	566 631	349	135	74 618	553	4307	964 849	224
Andere Staaten	—	—	1	80	1	80	27	5756	213	4	815	204	—	—	—	31	6571	212
Summe	**185**	**91 819**	**904**	**124 101**	**1089**	**215 920**	**4307**	**606 624**	**141**	**3295**	**1 608 214**	**488**	**579**	**418 678**	**723**	**8181**	**2 633 516**	**322**

*) D. i. 72% der indicirten Pferdekräfte aller Rheindampfer.
**) D. i. 50% der Tragfähigkeit aller Rheinschleppe und Segelkähne.

Digitized by Google

mittschiffs liegenden Stringerplatten vom Wasser überspült werden und nur das die Büffel tragende Vorschiff und das das Steuerrad tragende Hinterschiff etwa 0,40 m über Wasser ragen.

Im Stromgebiete des oberen Rheines wird der Schleppzug grösstentheils durch Raddampfer, nur zwischen Bingen und Bonn, auf 124 km mit einem Gefälle von 1 : 3900 auch durch Tauerei, am Niederrheine vorwiegend durch Schraubendampfer ausgeübt. Die Tauerei mit Kette und Drahtseil hat am Rheine keinen Aufschwung genommen, während der Schleppzug mittels freifahrender Zugdampfer in fortwährender Entwicklung begriffen ist. Die Raddampfer haben 200 bis 600 i. HP, in neuerer Zeit wurden solche mit 800 und 1000 i. HP erbaut. Ihre Längen bewegen sich zwischen 40—70 m, die grösste Dampferbreite einschliesslich der Schaufelräder beträgt 16,00 m.

Die schwächeren Raddampfer schleppen zu Berg je nach dem Stromgefälle 600 bis 1200 Tonnen Nutzlast, die Kettendampfer und stärkeren Raddampfer bis 1600 Tonnen und die grossen Raddampfer mit und über 600 i. HP (Bild 213), 2000 bis 2500 Tonnen Nutzlast. In den oberen Strecken mit

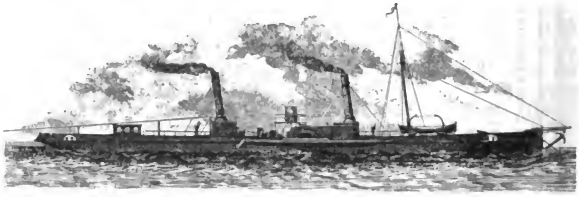


Bild 213. Rheinzugdampfer „J. Faber V" mit 600 i. HP.

Länge 67,6 m, Breite 7,7 m, Tiefgang mit 10 t Kohle 1,00 m.

grösserer Strömung werden 3 bis 4 km, in den unteren Stromabschnitten 4 bis 5 km in der Stunde zurückgelegt. Am Unterrhein werden Bergzüge bis 5000 Tonnen Nutzlast geschleppt. Ein solcher legt die Strecke von Rotterdam nach Mannheim, 671 km, in 10 Tagen zurück, wobei die Zugskosten bei einer Nutzlast von 4500 Tonnen bis auf 0,25 Heller für 1 tkm. fallen. Zu Thal fahren die Zugdampfer mit 8 bis 10 km Geschwindigkeit.

Die Personendampfer (siehe Seite 249) fahren stromauf 10 bis 15 km, stromab 15 bis 18 km in der Stunde. Die beladenen Segelschiffe erreichen bei gutem Winde in der unteren Stromstrecke bergwärts 9 km, thalwärts 12 km.

Schiffbarkeit der Rheinstrecken. Die Fahrtiefen des Rheines betragen bei gewöhnlichem, mittlerem Niederwasser (+ 1,50 Kölner Pegel) zwischen

Strassburg	und	Mannheim	1,20 m
Mannheim	„	St. Goar	1,80 „
St. Goar	„	Köln	2,40 „
Köln	„	Rotterdam	3,00 „

Digitized by Google

Die schwierigste Strecke ist der mittels Sprengungen und Eindämmung regulirte 90 m breite Stromabschnitt zwischen Bingen und St. Goar, in welchem das Bingerloch mit einem Gefälle von 1 : 550 und das „wilde Gefahre" oberhalb Kaub mit einem Gefälle von 1 : 600, ferner zwei starke Stromkrümmungen mit 350 m Halbmessern, darunter die Loreley, liegen.

Die Normalbreite des Rheins ist nirgends geringer als 200 m, von Koblenz bis Emmerich beträgt sie 300, 360 und 400 m. Die geringste Fahrwasserbreite beginnt auf der oberen Stromstrecke mit 90 m und steigt im Verhältnis zur Abnahme des Gefälles und Zunahme der Wassermenge bis 250 m.

Im Allgemeinen ist der Schiffahrtsbetrieb am Rhein leichter als auf der Donau, die Hochwässer sind geringer und die Wasserstände haben eine längere Beharrungsdauer. Die Schiffahrt kann durchschnittlich im Jahre während 320 Tagen ausgeübt werden, durch Eisstand und Eisgang ist sie 22 Tage unterbrochen, durch Hochwasser (+ 7,80 m Kölner Pegel) 3 Tage und durch Niederwasser (— 1,5 m Kölner Pegel) 20 Tage behindert. Die

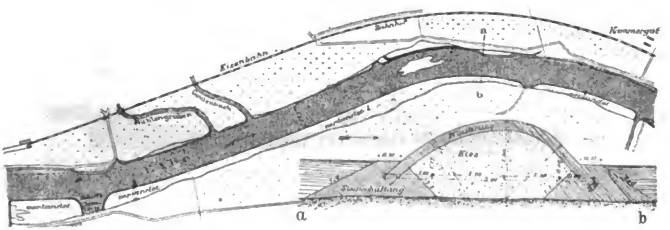


Bild 214. Regulirte Elbe unterhalb Pirna. (1 : 20000)

Schleppe können während 100 Tagen mit beliebiger Tauchung, während 150 Tagen mit einer Tauchung bis 2,30, 50 Tage mit einer Tauchung bis 1,60 und 20 Tage mit einer solchen von 1,20 m verkehren.

Die Elbe. Die Hauptquellen der Elbe sind das auf der Schneekoppe (1396 m ü. M.) entspringende Weisswasser und der von diesem 15 km entfernt auf dem Hohen Rade (1350 m ü. M.) zu Tage tretende Elbbach. Letzterer stürzt als Elbfall 50 m tief in den Elbgrund, in welchen sich auch das Weisswasser nebst anderen Quellbächen ergiessen. Der nun vereinigte Gebirgsfluss durchbricht in steiler Schlucht den südlichen Gebirgsabhang des Riesengebirges und wird ab Hohenelbe (484 m ü. M.) flössbar. Der Elbe fliessen nun die Aupa, Mettau, Adler und Iser, sowie bei Melnik (156,4 m ü. M.) die Moldau zu, wodurch sie dann schiffbar wird.

Nach Einmündung der Eger steigen die bisher flachen Ufer an, worauf der Fluss in einem engen Thallaufe ein Mittelgebirge durchbricht, welches mit dem sächsischen Berglande bei Meissen endigt. Auf dieser Strecke münden links bei Aussig die Biela, rechts bei Tetschen der Polzen. Nach dem

Digitized by Google

Durchbruche des Elbsandsteingebirges bei Herrnskretschen erreicht die Elbe eine Breite von 130 m, durchströmt in oft gewundenem und schmalem Thalwege die Sächsische Schweiz, worauf sie in einer Breite von 220 m das Becken von Dresden betritt. Auf dieser Strecke fliessen rechts die Sebnitz und Wesenitz, links die Müglitz und Weisseritz zu. Nachdem die Elbe unterhalb Meissen noch die Triebisch aufgenommen, strömt sie in nordwestlicher Richtung bis gegen Wittenberg in einer Breite bis 350 m. Oberhalb Wittenberg mündet die Schwarze Elster. Bis zur Havelmündung fliesst der Strom in nordwestlicher Richtung und bildet verschiedene Inseln. Auf der Strecke von Wittenberg bis zur Havelmündung vereinigen sich mit der Elbe links die Mulde, Saale und Ohre, rechts die Ehle, Ihle und Havel mit dem Plaueschen Kanale.

Bild 215. Elbezugdampfer „Berolina" der Berliner Schnelldampfer-Gesellschaft Hamburg-Wien, mit 220 i. HP.

Länge 45. m, Breite 3.90, Tiefgang 0.80 m.

Nach der 22 m über Meereshöhe gelegenen Havelmündung strömt die Elbe im Flachland in gewundenem Laufe mit einer mittleren Breite von 500 m. Die Thalhöhe des Stromes fällt bis Lauenburg auf 5 und bei Hamburg auf 1 m über dem Meeresspiegel. Oberhalb Harburg beginnt die Stromspaltung der Elbe in die Süderelbe und Norderelbe. Das Mündungsgebiet zwischen Harburg und Hamburg ist in zahlreiche Flussarme getheilt, die sich erst wieder bei Blankenese zu einem 3 km breiten Strome vereinigen, der sich immer mehr erweitert und unterhalb Brunsbüttel eine Breite von 7 km und an der Mündung bei Cuxhaven eine solche von 15 km erreicht. Auf dieser Strecke lagern sich beträchtliche Sinkstoffe ab, wodurch das tiefe Fahrwasser oft auf nur 20 m eingeengt wird und fortwährende sorgsame Bezeichnung erfordert. In ihrem Unterlaufe nimmt die Elbe rechts die Stegnitz, Elde, Bille, Alster und Stör, links die Aland, Jezzel, Ilmenau und Oste auf. Die Stromlänge der Elbe vom Elbbrunnen bis zur Mündung beträgt 1140 km, die schiffbare Strecke von Melnik abwärts 833 km.

Digitized by Google

Das Stromgebiet umfasst 143327 km². Eine regulirte Stromstrecke zeigt Bild 214.

Bild 216. Zugdampfer der oberen Elbe „Prinzess Luisa" mit 300 i. HP.

Länge 52.0 m, Breite 6.25 m, Tiefgang 0.75 m.

Elbeschiffahrt und Flotte. Auf der Elbe wird eine lebhafte Schiffahrt betrieben. Auf 725 km Stromlänge, von Hamburg bis Melnik, wird der

Bild 217. Zugdampfer der unteren Elbe „Vereinigte Elbe- und Saale-Schiffer No. 1" mit 800 i. HP.

Länge 67.2 m, Breite 8.8 m, Tiefgang 1.10 m.

Schleppzug hauptsächlich mittels freifahrender Zugdampfer ausgeübt, welche den früher bevorzugten Tauereibetrieb immer mehr verdrängen. Letzterer

Digitized by Google

wird hauptsächlich auf der oberen Elbestrecke des dort stärkeren Gefälles wegen unterhalten, während sich auf der mittleren Elbe der Schleppzug mittels Rad-

Bild 218. Elbezugdampfer „Habsburg" der Nordwest-Dampfschiffahrt, zwischen Magdeburg und Hamburg, mit 650 i. HP.
Länge 67,0 m, Breite 8,0 m, Tiefgang 1,10 m

Bild 219. Elbe-Schraubenbugser nächst Hamburg.

Digitized by Google

dampfer, auf der unteren Elbe auch mittels Schraubenbooten ganz ausser-gewöhnlich entwickelt, obwohl die Kette 1874 von Hamburg bis Aussig auf 655 km Länge gelegt wurde.

Im Jahre 1897 betrug die Anzahl der auf der Elbe verkehrenden Dampfer 470, darunter 30 Ketten- und Seildampfer, jene der Schleppe, Kähne und Segelschiffe über 10 200. Die meisten Kähne sind aus Holz erbaut oder haben auf Holzböden aufgesetzte eiserne Bordwände, und nur die in den letzten Jahren in Betrieb gestellten sind ganz aus Eisen. Von den Schleppen haben etwa 700 festes Deck, 3000 ein abnehmbares Dach und 6500 sind ohne Deck, offen. Die Anzahl und allgemeine Bauart der Elbedampfer ist in folgendem Verzeichnisse zusammengestellt:

Gattung der Schiffe	Bauart: Schiffsboden: Zahl der Schiffe: mit flachem Boden	mit flachem Kielbalken	in scharfem Kiel	Deck: Zahl der Schiffe: mit festem Deck	mit abnehmbarem Deck	ohne Deck	Baumaterial: Zahl der Schiffe: Holz	Eisen	Zahl der Dampfer	Gesammt-Pferdekräfte	Hiervon Dampfer mit indicirten Pferdekräften: unter 50	bis 100	bis 200	bis 300	300 u. mehr
Personendampfer	60	14	124	173	4	21	9	189	198	9 581	126	49	20	3	—
Frachtdampfer...	38	—	1	20	17	2	11	28	39	2 513	20	10	9	—	—
Zugdampfer	64	6	133	195	4	4	3	200	203	22 622	65	70	34	23	13
Tauer.....	30	—	—	30	—	—	—	30	30	6 248	—	4	19	7	—

Die typischen Raddampfer für den Schleppzug, sowie die Schraubenbugser des Mündungsgebietes der Elbe werden durch die Abbildungen 215, 216, 217, 218 und 219 veranschaulicht.

Nach der Tragfähigkeit geordnet, war der Stand der Elbeschleppflotte 1897 folgender:

Tragfähigkeit	Schlepp- und Segelschiffe
von 10 bis unter 20 Tonnen	1082
„ 20 „ „ 30 „	1032
„ 30 „ „ 40 „	1277
„ 40 „ „ 50 „	670
„ 50 „ „ 75 „	708
„ 75 „ „ 100 „	977
„ 100 „ „ 150 „	2907
„ 150 „ „ 200 „	376
„ 200 „ „ 250 „	443
„ 250 „ „ 300 „	157
„ 300 „ „ 350 „	156
„ 350 „ „ 400 „	130
„ 400 Tonnen und darüber	195
ohne Angabe der Tragfähigkeit	90

Digitized by Google

Die grossen Elbeschleppe haben eine Tragfähigkeit von 400 bis 750 Tonnen, mit Längen von 56,0 bis 75,0 m, Breiten von 8,0 bis 10,0 m und Tauchungen von 1,40 bis 1,85 m, die kleineren Schleppe aus den Elbe-, Finow-Plaue-Kanälen und aus der Saale haben 75 bis 300 Tonnen Tragfähigkeit. Zahlreich sind die sogenannten Stevenkähne, welche kunstlos geformt, mit nach vorne etwas ausgelegtem Vorsteven und hinten, um das innere Blatt des Balanceruders aufzunehmen, mit einem eingebogenen Achter versehen sind. Sie haben eine Länge bis 80 m, meist eine Breite von 8 m und eine Tiefe von 1,85 m. In Folge ihres kurzen Vorder- und Hinterbuges besitzen sie einen grossen Völligkeitsgrad bis 0,91 und eine nicht ausreichende Steuerfähigkeit, welche sie durch das sog. Balanceruder zu verbessern suchen.

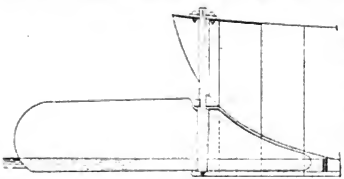


Bild 220. (M. 1 : 100)

Balanceruder. Das Balanceruder (Bild 220) unterscheidet sich vom gewöhnlichen Steuerruder dadurch, dass sein Ruderblatt nicht wie letzteres einen einarmigen, sondern einen zweiarmigen Hebel darstellt. Während das gewöhnliche Ruder sich mit zwei Fingerlingen in zwei Oesen am Achter thorartig hin und her bewegt, hängt das Balanceruder nur oben im Hintersteven und dreht sich um einen durch Steuer und Hinterkaffe geführten Bolzen, den Steuernagel. Das Balanceruder hat den Vortheil, dass der Widerstand an beiden Hebelarmen nach einer

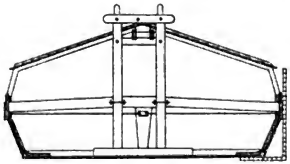


Bild 221. Querschnitt durch einen hölzernen Elbekahn.

Richtung wirkt, sich also in Bezug auf die in der Ruderpinne wirkende Kraft gegenseitig zum Theil ausgleicht, wodurch es leichter umgelegt werden kann. Dagegen hat es den Nachtheil, dass es leicht ausgehoben und havarirt, sowie durch einrinnende Baumstöcke verzwängt werden kann.

Bauart der Elbkähne. Den Querschnitt eines gebräuchlichen Elbekahnes zeigt Bild 221. Die Bodenlänge desselben beträgt 60 m, die Decklänge bis zum Steuer 64,50 m, die Bodenbreite 7, die obere Deckbreite 7,70 m. Derselbe hat ein abnehmbares Dach, dessen First 3,35 m, während das Deck 2,55 m hoch ist. Mit einem Freibord von 0,26 m bei voller Ladung mit 510 Tonnen taucht er 1,85 m; sein Leertiefgang beträgt 0,33 m, sein Völligkeitsgrad 88%.

Digitized by Google

Die Nordwest-Dampfschiffahrt hat einen Typ mit 680 Tonnen Tragfähigkeit, bei nur 1,50 m Tauchung in Betrieb gestellt, jedoch die Erfahrung gemacht, dass sein Widerstand gegen den Zug nicht genügend wirthschaftlich ausfällt. Die Abmessungen dieses Schleppes sind: Bodenlänge 67 m, Körperlänge in der Wasserlinie bei 1,50 m Tauchung 70 m, Bodenbreite 9,70 m, Körperbreite bei 1,50 m Tauchung 10,30 m, Höhe 1,85 m, Leertiefgang 0,35 m, Eigengewicht 180 Tonnen.

Die Elbschleppe führen je nach den in die Elbe mündenden Schiffahrtsstrassen die verschiedensten Namen:

Die Elbekähne, auch Oberländer genannt, verkehren durch die Havel und Spree bis Berlin und nehmen 350 Tonnen. Sie sind aus Holz mit flachem Boden gebaut, vorne und hinten mit breiten Kasten und starkem Holzdeck.

Bild 222. Böhmische Zillen und Oberelbische im Moldauhafen Karolinenthal bei Prag. (350 bis 400 t.)

Die Schleppkähne, auch Oberelbische genannt, sind entweder aus Holz oder aus Eisen mit Holzboden, haben 62 m Länge, 8 m Breite und nehmen bei 1,4 m Tiefgang 400 Tonnen. (Bild 222.)

Einige dieser Kähne haben 76 m Länge, 11 m Breite und nehmen 750 Tonnen Ladung. (Bild 223.)

Die böhmischen Zillen, welche in Aussig und Tetschen aus Rothtannenholz gezimmert werden, erreichen bis 50 m Länge, 6 m Breite und nehmen bei 1,50 m Tiefgang 300 Tonnen. Ihre Lebensdauer beträgt nur 3—4 Jahre und werden sie dann in Hamburg zumeist zu Brennholz zerschlagen. Eine andere Form sind die aus Kiefernholz gezimmerten Spitzkähne von 150 Tonnen Tragfähigkeit, welche von der Elbe bis in das Weichselgebiet verkehren.

Ausser diesen Haupttypen verkehren noch auf der Elbe die aus der Saale und aus dem Havelgebiete kommenden eichenen Kähne, ferner die

Digitized by Google

Stecknitzschiffe, die Lauenburger und endlich die viereckigen, offenen Butzer mit 100 Tonnen, welche auf der oberen Spree und den Kanälen laufen, sowie die nur zu einmaliger Thalfahrt geeigneten Prahme.

Von Segelschiffen verkehren auf der Unterelbe nach Hamburg die Fluss-Ewer mit umlegbarem Mast und Gaffelsegel, welche 30—50 Tonnen nehmen, während die seetüchtigen auf Kiel gebauten grossen Ewer mit 2 Masten und seeschiffartiger Takelung bis in die Nordsee gehen.

Die Tragfähigkeit der Elbeschleppe ist infolge Verbesserung des Fahrwassers innerhalb 50 Jahren um das fünffache und zwar von 1850 mit 150 Tonnen bis 1900 mit 750 Tonnen gestiegen. Von der Anwendung des Holzbodens wollen jedoch die Elbeschiffer, sowie auch die Oder-

Bild 223. Schleppkähne der unteren Elbe im Segelhafen bei Hamburg. (750 t.)

schiffer nicht abgehen, weil sie der Ansicht sind, dass die hölzernen Schleppböden beim Ländfahren angeblich weniger schwer beschädigt werden und leichtere Leckagen bekommen als Schleppe mit Eisenböden. Würden dagegen die Rheder den grösseren Reibungswiderstand der Holzböden gegenüber glatten Eisenböden, die leichtere und festere Bauart des Eisenschleppes, seine günstigere Steuerfähigkeit und längere Lebensdauer in Rechnung ziehen, so wären sie, sowie jene der Donau und des Rheines schon lange auf den reinen Eisenbau übergegangen.

Schiffbarkeit der Elbestrecken. Der Schiffahrtsbetrieb auf der Elbe ist, obwohl derselbe mit keinen übergrossen Strömungen zu kämpfen hat, bei Niederwasser dennoch ein schwieriger, weil dann die Elbe sehr wasserarm ist. Bei niederstem Wasserstand führt sie bei Tetschen nur 60 cbm, bei Magdeburg 120 und erst 50 km oberhalb Hamburg 160 cbm in der Sekunde,

Digitized by Google

während die bisher beobachtete geringste Wassermenge der Donau bei Wien (— 288 Pegel der Reichsbrücke) noch immer 245 cbm beträgt. Die Folge dieser Wasserarmut ist, dass in trockener Zeit, bei einem Pegelstande von — 1,40 in Dresden zwischen Aussig und Tetschen nur mit Tauchtiefen von 0,60, zwischen Tetschen und Dresden mit 0,70, zwischen Dresden und Magdeburg mit 1,00 und erst ab der Havelmündung mit 1,20 m gefahren werden kann. In der Unterelbe bei Hamburg ist jedoch zu allen Zeiten 4,00 m tiefes Fahrwasser vorhanden.

Bei niederen Wasserständen schlängelt sich der Stromstrich in Fahrbreiten von 30 bis 50 m und ist der Betrieb nur dadurch möglich, dass verhältnismässig nicht grosse und gleichmässige Strömungen vorhanden sind und die Vermalung des Fahrweges, sowie dessen Reinigung sorgfältig durchgeführt wird. Nahe der böhmisch-sächsichen Grenze sind die engsten Krümmungen und starke Versandungen.

Auf der Strecke Tetschen-Barby können bis zu einem Wasserstande von — 0,50 m in Dresden die Elbekähne noch mit 1,50 m Tauchung verkehren. Bei — 1,40 wird aber die Schiffahrt beschwerlich und wirft keinen Nutzen ab, weil die Schleppe mit kaum halber Ladung fahren können. In der zwischen flachen Ufern mit geringem Gefälle fallenden Stromstrecke von der sächsischen Grenze bis Magdeburg wechselt der Thalweg des Stromes in den Krümmungen auf je 1 bis 2 km Entfernung einmal rechts und einmal links. Zwischen diesen breiten sich die Sandbänke aus, über deren mittlere Schwellen die Schiffahrt geht. Diese Fuhrtschwellen werden am meisten fühlbar, wenn das Wasser rasch abfällt, aber noch über das ganze Strombett ausgebreitet ist. Kommt jedoch ein niederer Wasserstand zur Beharrung, so bilden sich in demselben, bald wieder tiefere Rinnen. Diese Geschiebe und Stromgestaltungen rücken immer stromabwärts, so dass jede der einzelnen Krümmungen jährlich um etwa 400 m nach abwärts schreitet.

In den unteren Strecken ist diese der Schiffahrt nachtheilige Verschiebung des Thalweges nicht mehr fühlbar. Unterhalb der Havelmündung folgt der Thalweg zumeist den natürlichen Krümmungen der Ufer und entspricht fast ausnahmslos der Gestaltung der Sandbänke, welche ziemlich regelmässig geformt und in nahezu gleichen Abständen auf einander folgen. Die Veränderungen in der Lage und Richtung des Fahrwassers bei Nieder- und Hochwasser sind insbesondere für die Kettenschiffahrt von Einfluss, weil die Kette bei niedrigen Wasserständen vollständig in den Krümmungen des Fahrwassers liegt, bei höherem Wasser aber mehr nach der Mitte des Stromes verschoben wird. Bei Hochwasser wird die Kette deshalb zu lang und muss gekürzt, um umgekehrt bei abfallendem Wasser wieder durch die mitgeführten Reserveketten auf die den Windungen des Fahrwassers entsprechende Länge gebracht zu werden. Die Anschwellungen steigen im allgemeinen im obern Theile der Elbe höher an als weiter abwärts. Dadurch wird das Gefälle des Stromes bei Hochwasser etwas vergrössert.

Die Gefälls- und Stromverhältnisse, sowie die Fahrtiefen der Elbe bei Niederwasser siehe Seite 29. Während der durchschnittlichen jährlichen Betriebsdauer von 300 Tagen, entfallen auf den besseren Flussabschnitt unterhalb Dresden 75 Tage mit voller Ladung von über 1,50 m Tauchtiefe,

Digitized by Google

135 Tage mit Tauchtiefen von weniger als 1,50 m, 70 Tage mit weniger als 1 m und 20 Tage mit weniger als 0,90 m. Bis Hamburg und Harburg kommen die grössten Seeschiffe mit der Fluth, die von Cuxhaven bis Geesthacht ansteigt und bei Cuxhaven 2,83 m, bei Hamburg 1,89 m mittlere Höhe erreicht.

Das Grundeistreiben tritt auf der Elbe gewöhnlich Mitte Dezember ein und bildet sich der Eisstand zumeist an der Grenze des Fluth- und Ebbenwechsels, daher in der Regel allmählig von unten nach oben. Die Schiffer

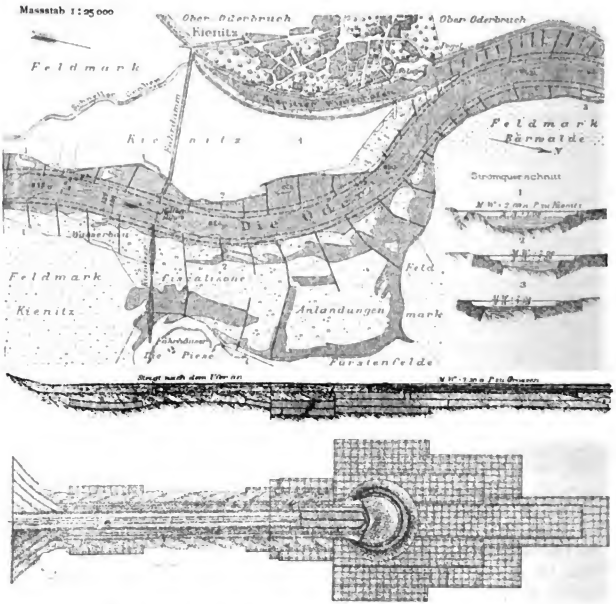


Bild 224. Regulirte Oderstrecke (Oderbruch) und Oderbuhnen.

pflegen wegen des gesteigerten Wettbewerbes die Fahrt so lange fortzusetzen, bis sie durch zu starken Frost behindert und gezwungen werden, den nächsten Winterhafen aufzusuchen, den sie aber, sobald das Eistreiben nachlässt oder der dem Eisstand folgende Eisgang vorüber ist, ohne Verzug wieder verlassen. Uebrigens kommen auch Winter vor, in denen die Schiffahrt wegen der milden Witterung und des günstigen Wasserstandes überhaupt nicht ganz unterbrochen wird.

Digitized by Google

Die Oder. Die Oder entspringt in einer Höhe von 627 m in einem südöstlichen Ausläufer der Sudeten und scheidet zwischen Prerau und Oderberg diese von den Karpathen. Links nimmt sie die Oppa, rechts den Grenzfluss Ostraviza und die Olsa auf und betritt unterhalb Oderberg das preussische Staatsgebiet. Von Kosel bis zur Neissemündung ist die Oder kanalisirt, der Oberlauf besteht sonst aus grossen Krümmungen.

Das Oderthal selbst hat innerhalb der Grenzen seines Ueberschwemmungsgebietes eine mittlere Breite von 5—6 km und erreicht nur unterhalb der Warthemündung im Oderbruch eine Ueberbreite von 20 km. Beim Oderbruch (Bild 224) bildete die Oder ehemals die grösste Krümmung, welche aber durch einen grossen Durchstich, die Neue Oder, beseitigt wurde, während die Alte Oder vollständig abgedämmt ist. Die ferneren Nebenflüsse der Oder sind rechts die Ruda, Birawka, Klodnitz, Malapane, Brinitze, Stober, Weida,

Bild 225. Oderzugdampfer „Herzog von Ratibor", 400 i. HP.

Bartsch, die Warthe mit der Netze, die Miezel, Schlibbe, Rörike, Thur, Plöne und Ihna; links die Zinna, Ossa, Glatzer Neisse, Ohlau, Lohe, Weistritz, Katzbach, Bober mit dem Queis, die Lausitzer Neisse, Finow und Welse. Mit der Spree ist die Oder durch den Oder-Spree-Kanal und mit der Havel durch den Finow-Kanal verbunden.

Der Friedrich Wilhelms-Kanal bildet eine weitere Verbindung mit dem Spree-Kanal. Unmittelbar darauf bricht die Oder durch den pommerischen Landrücken, oberhalb Garz, und theilt sich in zwei Arme, von welchen der östliche, die Grosse Reglitz, sich nach Greifenhagen wendet und in den Dammschen See fliesst, während der westliche auf seinem Laufe nach Stettin durch mehrere kleinere Arme mit der Reglitz in Verbindung steht. Der oberhalb Stettin aus der eigentlichen Oder abzweigende Arm heisst die Kleine Reglitz, welche sich nebst anderen Abzweigungen der Oder, wie die Parnitz und die Schwante, gleichfalls in den Dammschen See ergiesst. Der Abfluss

Digitized by Google

dieses Sees, die Damansch, vereinigt sich wieder mit dem Hauptstrome. Dieser mündet schliesslich als Jasenitzsche Fahrt, Grosse und Kleine Strewe in das Stettiner oder Pommersche Haff und verzweigt sich hier in die drei starken, in die Ostsee mündenden Stromarme Dievenow, Swine und Peene, welche die Inseln Usedom und Wollin umschliessen.

Die Stromlänge der Oder beträgt 905 km, von Oderberg bis Stettin 720 km. Flössbar ist sie ab Ratibor und schiffbar ab Kosel. Ihr Flussgebiet umfasst 118 000 km².

Oderschiffahrt und Flotte. Auf der Oder wird der Schleppzug grösstentheils durch Raddampfer ausgeübt, nur im Mündungsgebiete verkehren Schraubenboote. Ohne diese Bugser beträgt die Anzahl der Dampfer 120 und jene der Schleppe rund 400.

Bild 226. Oderkahn mit 320 Tonnen Tragfähigkeit.

Nicht wenige der Dampfer sind alte Bauwerke mit unwirthschaftlichen Maschinenanlagen; insbesondere viele Heckraddampfer haben eine ungünstige Leistung. Starke, zeitgemäss gebaute Dampfer (Bild 225) wurden erst in neuerer Zeit in Betrieb gebracht.

Die Schleppe sind grösstentheils Holzkähne oder haben auf einem hölzernen Boden aufgesetzte eiserne Schiffswände. Die Längen derselben schwanken zwischen 35 und 55 m, deren Breiten zwischen 3 und 8 m, sie haben einen Leertiefgang von 0,37 bis 0,45 m und fassen bei 1 bis 1,50 m Tauchung 200 bis 430 Tonnen. (Bild 226.)

In den letzten Jahren wurden leichte eiserne Schleppe in Betrieb gebracht, welche bei einem Tiefgange von 1,50 m 470 Tonnen Tragvermögen besitzen. (Bild 227.) Diese sind in der Weise gebaut, dass einfache Spanten in kurzen Entfernungen von einander gelagert und auf diesen die Boden- und Seitenbleche aufgenietet werden. Durchzüge oder Längsversteifungen sind nicht vorhanden. Seite 237 ist einer der preisgekrönten Oderschlepptypen mit hölzernem Boden und eisernen Wänden dargestellt.

Digitized by Google

Schiffbarkeit der Oderstrecken. Die Oder wird von Ratibor bis Swinemünde als schiffbar bezeichnet, jedoch besteht derzeit nur ab Kosel ein Schiffsverkehr.

Das Gefälle und die Stromgeschwindigkeit auf der Oderstrecke sind gleichmässig und gering, im Unterlaufe sehr schwach. Der Rückstau der See reicht bis Schwedt. In Folge des sehr geringen Gefälles, mit welchem die Oder in die Ostsee mündet, wird die Schiffahrt auf dem Unterlaufe derselben durch starke Sinkstoffablagerungen zeitweise behindert. Die Geschiebeführung der Oder ist übrigens allgemein eine ziemlich starke. Insbesondere führen die Hochfluthen der Nebenflüsse viel Schlamm und Sand in den Hauptstrom. Im Oberlaufe bis Ratibor besteht das Geschiebe aus Gerölle und grobem Kies, welcher bei Oppeln schon feiner, bei Breslau aber bereits nur Sand ist.

Bild 227. Oderkahn mit 470 Tonnen Tragfähigkeit.

Nach jedem grösseren Hochwasser ist in der Oder soviel Sand abgelagert, dass der Fluss sich seine Fahrrinne erst wieder nach einem, mehrere Wochen andauernden niederen Wasserstande durchwaschen kann, nachdem er schon vorher die Sinkstoffe allmählig in den Buhnenfeldern abgelagert hat. Darunter leidet die Oderschiffahrt ganz ausserordentlich, weil der Schiffsverkehr immer wieder unterbrochen wird und sich in gewisse Zeiträume zusammendrängt. Ist dann wieder genügende Fahrtiefe vorhanden, so haben sich streckenweise vor den Fuhrten so viele Schleppe gesammelt, dass diese ihre Abladestelle auf einmal erreichen, diese überfüllt finden und nun wieder, oft bis 2 Wochen, auf ihre Entladung warten müssen. Der grösste Uebelstand der Oderschiffahrt liegt demnach in der Unmöglichkeit, den Verkehr regelmässig abzuwickeln.

Die für die Schiffahrt in Betracht kommende Oderstrecke zerfällt in drei Theile:

1. Die kanalisirte Oder von Kosel bis zur Neissemündung von km 97 bis km 181, auf welcher Länge der Strom unabhängig von seiner Wasserführung

Digitized by Google

eine geringste Wassertiefe von 1,50 m noch in jedem obersten Theile einer Haltung hat. Die ursprünglich 84,5 km lange Strecke wurde durch 5 Durchstiche auf 78 km verkürzt. Die Kanalisirung wurde mittels 12 Staustufen bei Kosel, Januschkowitz, Krempa, Krappitz, Rogau, Konty, Groschowitz, Oppeln, Frauendorf, Döbern, Oderhof, Sowade, Neissemündung hergestellt. Die durch Nadelwehre gebildeten Stauhöhen dieser einzelnen Stufen schwanken zwischen 1,75 m und 2,60 m und die entsprechenden Kanalhaltungen zwischen 4,3 und 8,5 km Länge.

Die Schiffsdurchlässe in den Wehren liegen im Zuge des Stromstriches. Die Kammerschleusen haben 55 m Nutzlänge, 9,6 m Breite und bei kleinstem aufgestautem Wasser 2,00 m Wassertiefe über den Drempeln. Dieselben gewähren Raum für den grössten Oderschlepp mit 470 Tonnen Tragfähigkeit, oder 2 kleinere Schleppe der Finowkanalgruppe. Die zeichnerische Darstellung dieser Kanalisirungsanlagen siehe Seite 126.

2. Die durch Schleusen und feste Wehre bei Brieg, Ohlau und Breslau unterbrochene Strecke von der Neissemündung bis Breslau von km 181 bis km 255. Durch das Bestehen dieser Jahrhunderte alten Wehranlagen ist diese Strecke oberhalb der Wehre stark verlandet und es ergeben sich auf derselben durch die hieraus eingetretene Gefällsverminderung, durch die unregelmässige Gestaltung des Hochwasserprofiles und endlich durch die verhältnismässig unbedeutende Wasserführung bei Niederwasser oft nur Tiefen von 0,70 m. Das wichtigste Regulirungswerk ist der bei Breslau geschaffene Grossschiffahrtsweg, ein oberhalb der Stadt aus der Oder abzweigender Umgehungskanal, welcher theilweise ein altes Oderbett benutzend, eine Gesammtlänge von 7 km hat.

3. Die freie Oderstrecke unterhalb Breslau, welche bei Niederwasser auch ungünstige Fahrwassertiefen von zeitweise nur 0,80 m, bei gutem Wasserstande solche von 1,80 m zeigt.

Die Schleppe fahren daher auf der kanalisirten Strecke wohl mit voller Ladung, auf den übrigen jedoch nur während der hohen Wasserstände im Frühjahr mit ganzer Tauchung, sonst aber mit $^1/_2$ und $^3/_4$ Ladung = 150 bis 300 Tonnen, bei mittleren Tauchungen von 0,90 bis 1,20 m. Bis Stettin fahren Seeschiffe in einer Wassertiefe bis 7 m.

Im Vergleiche zur Schleppausnützung, welche sich auf der Donau, am Rhein und auf der Elbe ergiebt, ist jene der Oder als gering zu bezeichnen.

	Donau, Rhein, Elbe 1896			Oder			
	Tage			1896	1897	1898	1900
				Tage			
bei voller Ladung . .	160	194	195	38	124	68	110
„ $^3/_4$ Ladung . . .	80	82	38	117	65	67	36
„ $^1/_2$ und darunter .	40	52	46	48	24	29	38
„ $^1/_4$ „ „ .	10	19	22	44	19	142	55

Das Gefälle und die Fahrtiefen der Oder siehe auch Seite 30.

Seineschiffahrt. Nach der Veröffentlichung der „Administration des Travaux publics" betrug 1896 die Schleppflotte aller Binnengewässer

Digitized by Google

Frankreichs 15,793 Boote mit einem Gesammttragvermögen von 3442,250 Tonnen und die Anzahl der Dampfer 611. Letztere bestanden aus;

214 Personendampfern, zumeist Schraubenschiffen,
98 Frachtdampfern mit 13000 i. HP,
222 Zugdampfern mit 26000 i. HP und
77 Kettenschiffen.

Die lebhafteste Flussschiffahrt wird auf der Seine ausgeübt. Die Seine entspringt 471 m ü. M. auf dem Plateau von Langres bei Chanceaux, strömt in nordwestlicher Hauptrichtung, beschreibt in ihrem Unterlauf weite Krümmungen und mündet nach 776 km Stromlänge zwischen Le Havre und Honfleur mit einer 10 km breiten Mündungsbucht in den Kanal La Manche. Auf der Strecke von Troyes bis Marcilly wird der Fluss von dem Kanal der oberen Seine (44 km) begleitet; von Marcilly an ist er 547 km lang schiffbar und von Rouen an wird er mit Seeschiffen befahren. Von Toucarville führt ein 21 km langer Schiffahrtskanal unmittelbar in den Hafen von Havre. (Die Kanalisirung der Seine siehe Abschnitt 4.) Das Stromgebiet der Seine umfasst 77,769 km². Den natürlichen Mittelpunkt des ganzen Seinebeckens bildet Paris. Die bedeutendsten Nebenflüsse sind rechts: die Aube, Marne, Oise und Epte, links: die Yonne, Loing, Essonne, Eure und Rille. Mit der Somme, Schelde, Maas, dem Rhein, der Rhône, Saône und Loire ist die Seine durch ein grosses Kanalsystem verbunden.

Der Verkehr auf der Seine ist von Montereau an sehr lebhaft; 1893 betrug er in Paris 4,8 Millionen Tonnen. Den Fluss befahren etwa 15 Tauer-Schiffe, 130 Schraubenbugser und 100 Radfrachtdampfer. Die Tauer (siehe auch Bild 182) mit 150 bis 300 i. HP ziehen zu Berg bei Hochwasser 4 bis 5 Schleppe mit 1000 bis 1500 Tonnen Nutzlast, bei Mittelwasser 2000 und bei Niederwasser selbst 8 Boote mit 2500 Tonnen Nutzlast mit 3 bis 4 km Fahrgeschwindigkeit in der Stunde. Die grössten Schleppe bis 1000 Tonnen Tragfähigkeit fahren auf der Seine zwischen Paris und Rouen. Die Schraubenbugser haben 100 bis 300 i. HP. Im Mündungsgebiete verkehren auch grössere Schraubendampfer, welche den Seeverkehr bedienen, mit 4 bis 5 km Geschwindigkeit fahren und im Mittel 2000 Tonnen Nutzlast leisten. Die Radfrachtschiffe vermitteln mit ihren Körperladungen den Eilgutdienst mit einer Fahrgeschwindigkeit einschliesslich der Schleusenaufenthalte von 7 km in der Stunde.

Rhôneschiffahrt. Der zweitgrösste Fluss Frankreichs, die Rhône, ist der Abfluss eines sich zwischen dem Grimsel- und Furkapass aus einer Höhe von 1753 m herabziehenden, 10 km langen Gletschers. Der Fluss durchströmt zunächst das ganze Längenthal des oberen Wallis, nimmt zahlreiche wasserreiche Gletscherbäche auf und wird unterhalb des Gebirgsdurchbruches bei St. Maurice für kleine Kähne schiffbar. Nachdem er im Genfer See sein Geschiebe abgelagert, nimmt er bei seinem Austritt die Arve auf und fliesst nun durch ein immer enger werdendes Thal zwischen dem Jura und den savoyischen Vorbergen, die Felsschluchten und Katarakte bei Forts l'Ecluse, Porte du Rhône und Mal pertuis bildend. Bei Le Parc wird dann die Rhône aufs neue schiffbar und erreicht, nachdem sie das Gebirge ver-

Digitized by Google

lassen und den Ain aufgenommen, eine von vielen Inseln und Kiesbänken durchquerte Breite bis 2 km.

Nach Lyon (155 m ü. M.) nimmt der Rhônefluss die Saône auf und mündet nach einem 335 km langen Laufe nach Süden in das Mittelländische Meer. Unterhalb Pont St. Esprit bei Avignon ist das Rhônethal eine breite Ebene; bei Arles erfolgt eine Stromtheilung in einen westlichen und einen östlichen Hauptarm. Der westliche ist der Petit Rhône, von dem sich wieder westlich der Rhône Vif abzweigt. Der östliche grosse Arm, Grand Rhône, ist bis zu seiner Mündung von starken Dämmen begleitet und hat einige unbedeutende Auszweigungen.

Die Rhône führt dem Meere jährlich 21 Mill. cbm Sinkstoffe zu, wodurch ihr Delta jährlich um 50 m vorwärts rückt. Die durch eine Barre mit kaum 2 m Wassertiefe geschlossene, veränderliche Hauptmündung wurde durch einen 6 m tiefen Kanal umgangen, welcher 7 km oberhalb der Mündung südöstlich in den Golf von Fos führt, so dass der Rhônefluss von Le Parc, 154 km oberhalb Lyon, bis ins Mittelmeer auf eine Länge von 489 km schiffbar ist.

Die Rhône nimmt in der Schweiz den Abfluss von über 200 Gletschern und auf ihrem ganzen Laufe gegen 100 Zuflüsse auf, unter denen die bedeutenderen die Arve, Isère, Drôme, Eygnes und Durance, sowie die Ain, Saône, Ardèche, Céze und Gard sind. Der gesammte Stromlauf ist 800 km lang, das ganze Stromgebiet umfasst 98 885 km². Das Rhônegebiet ist durch den Kanal von Burgund mit der Seine, durch den Kanal du Centre mit der Loire und durch den Rhein-Rhône-Kanal mit dem Rhein verbunden. Am Unterlauf bestehen ausser dem Kanal von St. Louis noch die Schiffahrtskanäle von Arles nach Port de Bone und von Beaucaire nach Aigues-Mortes. Nach Marseille ist die Herstellung einer Kanallinie geplant.

Die Schiffahrtsbewegung zwischen Lyon und Arles, der verkehrsreichsten Strecke, umfasste 1893 6929 Fahrzeuge mit 556 800 Tonnen.

Die Rhôneschiffahrt ist bei der grossen Strömung und dem engen Thalwege eine schwierige. Ausser Zugdampfern verkehren auch noch einige der dort früher allgemein üblich gewesenen langgebauten Frachtdampfer, welche 800 bis 900 i. HP, eine Länge von 120 bis 135 m und 7,50 bis 8,00 m Breite haben und bei einer Tauchung von 1,30 m 500 Tonnen Körperladung nehmen. Sie werden mit 8 m langen, an beiden Körperenden angebrachten Steuerrudern gesteuert und sind an den Bordwänden mit senkrecht stehenden Bäumen versehen, welche, wenn der Dampfer in der grossen Strömung überfällig wird, in die Flusssohle gestossen werden, um dadurch den Dampfer rascher zum Stillstande zu bringen, als dieses mittels Ankers geschehen könnte.

Grappins. Eine besondere Bauform waren die Grappins, welche derzeit jedoch ausser Betrieb gestellt sind. Die Grappins hatten als Fortbeweger lange Eisenstangen, welche abwechselnd in die Flusssohle einhackten und den Schiffskörper krabbenartig vorwärts bewegten. Diese Eisenarme traten in einer Länge von 0,50 m aus dem Felgenkranze eines starken eisernen Rades von 6 m Durchmesser. Konnten die Dampfer mit ihren gewöhnlichen

Digitized by Google

Schaufelrädern gegen die Strömung nicht mehr aufkommen, so wurde dieses Rad, welches sich in einem in der Längenachse des Schiffskörpers ausgenommenen Schlitz bewegte, auf den Boden des Flusses hinabgelassen, durch Kettenräder mit der Maschinenwelle zusammengekuppelt und in Drehung gesetzt. Die vortretenden Eisenarme griffen in den Flussgrund ein und bewegten den Dampfer sammt seinem Anhang über die stärksten Stromschnellen. Infolge des Ausweichens und Abrollens der am Flussgrunde liegenden Kiesel ergab diese Zugsart jedoch eine nur geringe Nutzleistung.

Bateau-écluse. Ein wunderlicher Betrieb wurde am Rhôneflusse mit jedoch ungünstigem Ergebnisse zur Weiterbeförderung der von Marseille anschwimmenden 2 m tief tauchenden Schleppe versucht. Um diese 35 m langen und 7,15 m breiten Schleppe bei Niederwasser ungeleichtert auch oberhalb Arles bringen zu können, wurden sie in ein von einer Schaufelradmaschine betriebenes Dockschiff eingeschleusst und von diesem weiterbefördert. Dieses 83 m lange und 8,50 m breite bateau-écluse hatte dann mit dem aufgenommenen Boot einen Tiefgang von nur 1,30 m. Die Einschleusung geschah derart, dass das Dockschiff durch Einlassen von Wasserballast bis auf die Tiefe des aufzunehmenden Bootes gesenkt und mit diesem dann durch Auspumpen des Wassers aus den Tanks wieder gehoben wurde.

Rhônetauerei. Um die Rhôneschiffahrt wirthschaftlicher zu gestalten, hat man in letzter Zeit auf der schwierigsten Strecke einen eigenartigen Kabelbetrieb eingerichtet und den Stromlauf von Lyon bis Saint Louis in 4 Betriebsstrecken getheilt:

1. von Lyon bis Serves . . . . 82 km
2. „ Serves bis Pont Saint Esprit 111 „
3. „ Pont Saint Esprit bis Arles 90 „
und 4. „ Arles bis Saint Louis . . . 40 „

In der 1. und 3. Strecke mit einem Gefälle von im Mittel 0,50 m auf 1 km, verkehren Zugdampfer von 750 i. HP., welche eine Länge von 60 m, eine Breite von 8 m (einschliesslich der Radkasten 15,80 m) und einen Tiefgang mit voller Kohle von 1,10 m haben. In dem geringen mittleren Gefälle von 0,023 m auf 1 km des Unterlaufes bis Saint Louis vermitteln kleine Zugdampfer und Schraubenboote den Schleppdienst.

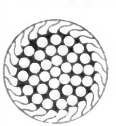


Bild 228.

Im zweiten Stromabschnitte zwischen Serves und Pont Saint Esprit wurden aber auf 104 km Stromlänge, auf welcher eine sehr starke Strömung in scharfen und engen Krümmungen bei geringen Wassertiefen herrscht, von Lombard Gérin 8 Tauer in Dienst gestellt. Die dazu gehörigen Drahtseile von je 10 bis 13 km Länge sind im Strombette verankert. Auf jedem Drahtseil zieht sich ein Tauer derart auf und ab, dass sich das betreffende Seil um eine in der Körpermitte des Schiffes befindliche grosse Trommel C (siehe Bild 229) haspelartig auf- und abwickelt. Es bewegt sich daher jeder Tauer nur auf einer Stromlänge von 10—13 km. Um ein Kabel von 13 km an Bord nehmen zu können, war es nothwendig, dasselbe so leicht als nur zulässig zu

Digitized by Google

erzeugen. Das Kabel (Bild 228) ist deshalb aus Stahldraht geschlagen und wiegt nur 2,75 kg auf den laufenden Meter. Es hat einen Durchmesser von 0,0228 m und eine Bruchfestigkeit von 36 Tonnen.

Der Schleppzug geschieht in der Weise, dass sich der Tauer, mit der Thalströmung am Kabel hängend, abrinnen lässt, den aus zwei Schleppen bestehenden Anhang von dem unteren Tauer übernimmt und sich wieder zu Berg aufwindet. Die Fahrgeschwindigkeit beim Herablassen beträgt

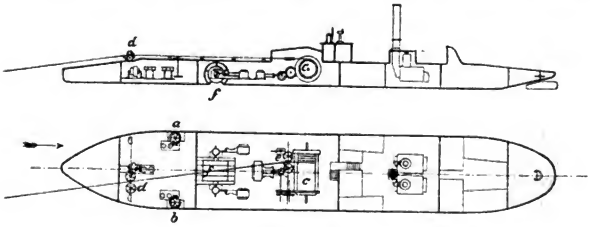


Bild 229. Rhônetauer.

9 bis 10 km, beim Aufwärtsziehen 4 bis 5 km in der Stunde. Zur Führung des Tauerseiles dienen am Schiffsbuge angebrachte Führungsschlitten d und damit sich das Seil regelmässig auf- und abwickle, ist vor der Trommel C eine ähnliche Vorrichtung e angebracht, durch welche auch die Umschaltung der Gangrichtung besorgt wird.

Der Rhônetauer, Bild 229, hat eine Länge von 50 m, eine Breite von 7,50 m, eine Höhe von 2,40 m und einen Tiefgang von 0,90 m. Die Seiltrommel, welche eine Länge von 3,50 m und einen Durchmesser von 1,50 m besitzt, wird von einer Zwillingsmaschine mit 120 i. HP. angetrieben.

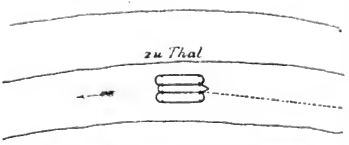


Bild 230. Rhônetauer mit Schleppanhang.

Damit der Tauer im Falle eines Seilbruches selbständig manövriren könne, wird in einem in der Schiffsmitte eingebauten wasserdicht abgeschlossenen Kasten f ein Schaufelrad mit Schaufeln von 2 m Länge und 0,20 m Breite durch eine Hilfsmaschine angetrieben. Diese Anordnung hat sich jedoch nicht bewährt, weil der Wirkungsgrad des kleinen Schaufelrades zu gering ist.

Bild 230 zeigt den Rhônetauerzug. In der Bergfahrt werden zumeist zwei Schleppe ganz kurz in Kreuztau genommen; zu Thal werden die Schleppe zugekuppelt. Die Schlepptaue werden auf zwei wagerecht liegenden Seil-

Digitized by Google

trommeln a und b (siehe Bild 229), die durch kleine unter ihnen liegende Hilfsmaschinen gedreht werden, befestigt, eingeholt und nachgelassen. Diese Seiltrommeln arbeiten rasch und verlässlich.

Französische Schleppformen. Die neuen Rhôneschleppe sind aus Stahl gebaut und weisen zwei Typen auf. Die ältere, vorne und hinten löffelförmig gebaute Form mit 57,30 m Länge, 7,38 m Breite und 2,54 m Höhe in der Schiffsmitte, hat einen Leertiefgang von 0,30 m und taucht mit voller Ladung von 400 Tonnen 1,40 m. Der neueste Typ hat die im Bilde 231 dargestellte schärfere Form, welche der grossen Strömung der Rhône besser als die Löffelform entspricht und bei 57,68 m Länge, 8,08 m Breite und 2,54 m Höhe folgende Tauchungsverhältnisse ergiebt:

0,30 m	Leertiefgang			
1,00 „	Tauchung	mit	239	Tonnen
1,20 „	„	„	313	„
1,40 „ grösste	„	„	388	„

Die Völligkeit beträgt 0,88.

Die übrigen Schleppe auf den französischen Flüssen und Kanälen sind vorwiegend aus Holz erbaut, haben verschiedene, jedoch immer sehr volle

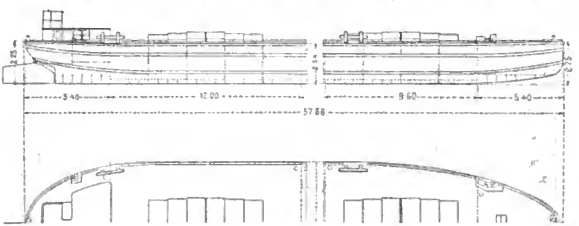


Bild 231. Eiserner Rhôneschlepp.

Körper. Die üblichen Kanaltypen sind Seite 236 dargestellt. Viele Kanalboote sind noch den alten, kleinen Schleusenabmessungen angepasst, haben nicht wirthschaftliche Bauformen und geringe Tragfähigkeiten. Seit 1879 werden jedoch die Boote den neuen Kanalabmessungen entsprechend mit 38,50 m Länge, 5 m Breite und 1,80 m Tauchung für Ladungen von 300 Tonnen gebaut. Die Hauptform ist die Péniche flamande mit einem fast viereckigen Querschnitt, 99 pCt. Völligkeit und demgemäss einem grossen Zugswiderstand. Das Eigengewicht einer Péniche beträgt bei 300 Tonnen Nutzlast 50 Tonnen. Unter den neueren Eisenbooten der Seine haben manche 62,70 m Länge, 8,10 m Breite, 2,64 m Höhe und nehmen bei 2,50 Tauchung 977 Tonnen. Auf der unteren Seine verkehren auch Typen mit 54,60 m Länge, 8,12 m Breite, welche bei 3,20 m Tauchung 1030 Tonnen Tragfähigkeit haben.

Die Ergebnisse der in letzterer Zeit durchgeführten Zugs- und Widerstandsversuche haben dazu geführt, dass auch auf Kanälen schon sorgfältig gebaute Stahlschleppe in Betrieb gesetzt wurden. In Frankreich wird übrigens

Digitized by Google

dem Schleppzuge eine grosse Aufmerksamkeit zugewendet. Der Staat lässt diese wichtige Frage eingehend untersuchen und giebt jederzeit bedeutende Zuschüsse zu Erprobungen und zur Errichtung von Versuchsstrecken. Die auf den französischen Kanälen versuchsweise eingeführten elektrischen Zugsarten sind im Abschnitte 12 beschrieben.

Schiffahrt auf seichten Flüssen. Am schwierigsten gestaltet sich die Schiffahrt auf den seichten unregulirten Flüssen, wenn diese bei starker und wechselnder Strömung reich an Geschiebeführung sind und ein verwildertes, zum Theil vermurtes Strombett haben. Eine derartige Verfassung haben zumeist die Flüsse in den Kolonialländern, unter welchen sich die afrikanischen Flüsse noch ausserdem durch eine ausserordentliche Wasserarmut in der heissen Zeit und durch grosse Hochwässer in der Regenzeit auszeichnen. Auf solchen Flüssen muss der Dampfer bei entsprechend starker Maschine einen sehr geringen Tiefgang besitzen, um auch bei starker Strömung in der schmalen und scharfgekrümmten Thalrinne noch fortkommen zu können. Er muss deshalb einen möglichst seichttauchenden Schiffstreiber mit gutem Wirkungsgrade und gleichzeitig eine sehr gute Steuer- und Manövrirfähigkeit erhalten.

Die Seitenschaufelräder sind wegen der durch sie bedingten verhältnismässig grossen Schiffsbreite nicht verwendbar, die Heckraddampfer haben wieder eine zu geringe Nutzleistung und in gekrümmten Stromseichten eine schlechte Steuerfähigkeit. Die meisten Kolonialflüsse führen ausserdem eine Menge schwimmender Baumstöcke, Wurzeln und Geäste, welche die Heckräder leicht havariren oder zeitweilig unbrauchbar machen. Die gewöhnliche Schraube müsste, um wirksame Flächen zu erhalten, einen entsprechenden Durchmesser, daher eine grössere Eintauchung erhalten, welche die Stromseichten selbst bei Anwendung von Doppelschrauben in nur seltenen Fällen zulassen.

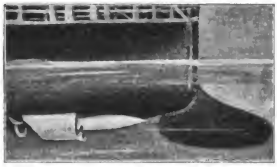


Bild 232.

Turbinendampfer. Thornycroft in England hat deshalb eine Turbinenschraube konstruirt, welche in einer trichterförmigen Röhre im Schiffsrumpfe läuft. Dieselbe hat einen Durchmesser von nur 40 cm und wird von einer Hochdruckmaschine mit Rohrkessel angetrieben. Hierdurch wird eine Dampfertauchung von 0,50 m erreicht. Die Turbinenschraube besteht aus zwei Haupttheilen. In einem wagerecht liegenden Blechcylinder befindet sich das Laufrad der Turbine und hinter diesem liegt fest eingebaut das Leitschaufelrad. Die Nabe der Turbine ragt, damit das Wasser günstig abfliesse, ziemlich weit nach hinten hinaus (Bild 232). Die Turbinenschrauben sind an beiden Bordseiten angebracht. Sie haben eine günstige Geschwindigkeit ergeben, jedoch arbeiten sie beim Rückwärtsgang der Maschine schlecht; ferner haben sie den Nachtheil, dass sie die auf der Wasserfläche schwimmenden Gegenstände,

Digitized by Google

Holzstücke und Schmutz ansaugen und dann, wenn sie nicht vollständig unwirksam werden, zumindest eine umständliche Reinigung erfordern.

Heckraddampfer. Smit in Rotterdam hat für Afrika ein Heckradboot, mit zwei Geschützen ausgerüstet, von 33,5 m Länge und 7,3 m Breite, mit guter Leistungsfähigkeit gebaut, welches in neun Stücken dahin befördert und an Ort und Stelle zusammengesetzt wurde. Sein Tiefgang von 0,80 m ist jedoch zu gross. Die von Cockerill gelieferten belgischen Congodampfer (Bild 233) haben gleichfalls Heckräder und gehen 0,60 m tief. 1890 hat die Werft Meyer für Kamerun die Heckradboote „Soden" und „Ulanga" gebaut, welche, in Theile zerlegt, über Land befördert werden können. Diese Fahrzeuge sind 26,70 m, mit den Rädern 36,55 m lang, 6,75 m breit und haben einen Tiefgang von 0,60 m. Heckraddampfer sind auch auf der Oder, der Spree und der Havel in Betrieb. Das die schmale Temes und den Begakanal in Ungarn befahrende Heckradboot ist im Abschnitte 13 dargestellt.

Aluminiumboote. Escher-Wyss in Zürich hat für Sumatra eine Kolonialschaluppe aus Aluminium 11 m lang und 2 m breit mit einem

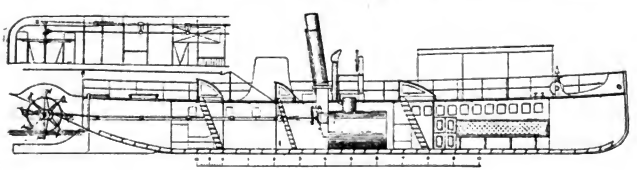


Bild 233. Congodampfer mit Heckrad.

Tiefgang von 0,45 m gebaut, welche mit zwei kleinen Schrauben 14 km Fahrgeschwindigkeit erreichen soll.

Schrauben in Auswölbungen. Die Schiffswerft Dubigeon in Nantes konstruirte Personendampfer von 30 m Länge, und Frachtdampfer für 40 Tonnen Ladung von 50 m Länge, welche von zwei Schrauben getrieben werden, die sich in Auswölbungen des Schiffsbodens bewegen. In der Ruhelage tauchen die oberen Schraubenflügel aus dem Wasser, wenn die Schraube jedoch in Umdrehung gesetzt wird, so füllt sich die Wölbung und alle Schraubenflügel arbeiten dann in vollem Wasser. Hierdurch war es möglich, leichtgebaute, einfache Schraubenmaschinen anzuwenden und bei entsprechender Maschinenstärke von 300 i. HP und einem Schraubendurchmesser von 1,10 m, keine grössere Tauchung als 0,70 m zu erreichen. Die Dampfer haben 17 km Fahrgeschwindigkeit in der Stunde.

Der Achter dieser Schiffe ist derart ausgeführt, dass in der höchsten Stelle einer allmählig ansteigenden, über die Wasserlinie ragenden Auswölbung sich die Schraube befindet. Von diesem höchsten Punkt führt die Wölbung wieder nach rückwärts, sanft absteigend bis zur Wasserlinie. Fährt

Digitized by Google

nun das Schiff, so saugt sich diese tunnelartige Auswölbung mit Wasser voll und die Schraube treibt dasselbe nach hinten hinaus.

Auf der seichten Loire zwischen Nantes und Orleans wurden mit einem Dampfer, dessen Schrauben in einer Wölbung der Schiffsmitte gehen, Schleppversuche gemacht, welche befriedigend ausgefallen sein sollen. Dieser Dampfer, „Fram" (Bild 234), ist 40 m lang, 5,50 m breit, hat einen Leertiefgang von 0,30 m und taucht mit 80 Tonnen beladen 0,70 m. Mit 160 i. HP erreicht er eine Fahrgeschwindigkeit von 16 km.

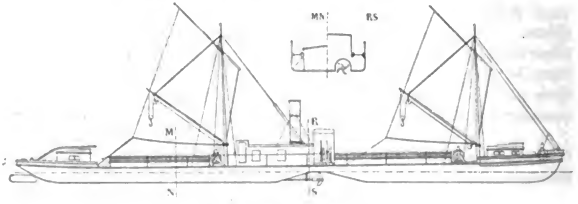


Bild 234. Le Fram.

Ein leistungsfähiges Doppelschraubenboot für Neu-Seeland ist im Bilde 235 dargestellt. Das Boot kann in einzelne Abtheile, welche durch Bolzen und Nieten zusammengehalten werden, zerlegt werden. Das Material ist galvanisirter Stahl. Die Länge beträgt 27,73 m, die Breite 4,26 m, die Höhe 1,06 m und der Tiefgang bei 8 Tonnen Ladung an Bord 0,36 m. Je 2 Triplexmaschinen arbeiten mit 500 Umdrehungen; die Kessel sind Wasserrohrkessel, der Kondensator ist aus Kupfer. Das Kühlwasser wird durch eine

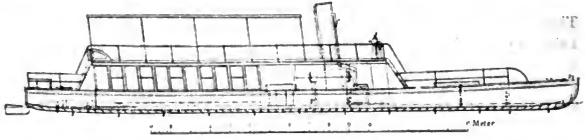


Bild 235. Dampfer mit 2 Schrauben in Auswölbungen.

mittels einer kleinen unabhängigen Maschine angetriebene Centrifugalpumpe im Kreislauf erhalten. Bei der Probefahrt erreichte das Boot eine Geschwindigkeit von 22 km in der Stunde an der gemessenen Meile. Nach dem Versuche wurde das Schiff zerlegt und in 14 Eisenbahnwagen weiter befördert.

Schraubenrad für seichte Flüsse. Die Betriebsstörungen, welche sich jedoch dadurch ergeben können, dass in die Auswölbungen der Schiffskörper die im Strome treibenden Aeste während der Schraubenumdrehungen hineingezogen werden, wodurch auch ein Bruch der Schraubenflügel erfolgen kann, machen dieses System nicht einwandfrei.

Digitized by Google

Für den Betrieb auf seichten Flüssen wären deshalb die Seite 276 beschriebenen Schraubenräder sehr geeignet. Dieselben haben bei grossen Druckflächen und geringer Tauchung einen günstigen Wirkungsgrad, sind einfache und starke Propeller, welche nicht brechen und dem Dampfer eine gute Steuerfähigkeit gewähren.

Für seichte Kolonialflüsse würde am besten ein aus Stahl gebautes niederes Flachboot mit einfacher Zwillingsschrauben-Maschine von 150 bis 200 i. HP., welche ein nebeneinanderliegendes Schraubenräderpaar (siehe Bild 187) antreibt, entsprechen. Statt des Ankers könnte das Boot eine Dampfwinde mit Baggerrechen erhalten (Bild 44), um sich gegebenen Falles mittels desselben die Fahrrinne zu vertiefen.

Die Maschinenstärke von 200 i. HP. genügt unter allen Umständen, um in grösserer Strömung auch einen beladenen Eisenkahn mit entsprechender Zugsgeschwindigkeit bergwärts schleppen zu können.

Das Boot kann, um es über Land befördern zu können, aus trogartig zerlegbaren Theilen hergestellt werden. Die einzelnen Theile werden sodann im Wasser durch Verschraubung ihrer Schottwände miteinander verbunden. Ein kleineres Boot baut man etwa in drei Theilen. Der Vordertheil würde die Dampfwinde mit dem schmiedeeisernen Baggerrechen, der mittlere Theil den Kessel und der hintere Theil die Maschine tragen. Jeder Schiffstheil hat seine Dampfleckpumpe, um das Boot im Falle von Leckage über Wasser zu erhalten. Die Räume für die Bemannung sind mittschiffs am Deck, für die Reisenden im Vordertheile gedacht. Das Oberdeck des Mittelbaues wäre dachartig über das flache Schiffsdeck ragend herzustellen. Unter dieses Dach können dann Güter gelagert werden. Mit einem derart ausgerüsteten Schraubenraddampfer liesse sich bei einem Tiefgang von 0,40—0,50 m noch immer ein guter Wirkungsgrad erzielen.

Kolonialdampfer. Die derzeit bestehenden leistungsfähigsten Dampfer für seichte Kolonialflüsse zeigt folgende Zusammenstellung:

Digitized by Google

	Länge	Breite	Tiefgang	Indicirte HP	Umdrehungszahl	Durchmesser der Treibvorrichtungen	Geschwindigkeit in km
	in Metern						
Gewöhnliche Schraubendampfer.							
„Brière de l'Isle" (Sénégal — 2 Schrauben)	34,50	5,40	0,80	184	300	1,00	18,00
Schaluppe für die Lagune der Elfenbeinküste (1 Schraube)	16,90	3,50	0,75	50	307	0,75	14,50
Dampfer mit Schrauben in Hinterwölbung.							
„Bassac", Schlepper der Messageries fluviales in Cochinchina (zwei Schrauben)	50	7	0,65	450	241	1,285	18,00
Für den Niger erbaute Doppelschraubendampfer	25	4	0,40	105	417	0,65	15,00
Schaluppe „Bigor" mit 1 Schraube, erbaut von der Marine in Haïphong	14,25	3	0,40	30	318	0,70	14,50
Dampfer mit Schrauben in Mittelwölbung.							
Kanonenboot „Capitaine Flayelle" (2 Schrauben zu 6 Flügeln)	24	4,70	0,71	145	281	0,79	15,50
„Fram", Güterschleppdampfer der Navigation de la Loire mit 2 Schrauben	40	5,50	0,30	160	296	0,80	16,00
Hinterraddampfer.							
Güterschleppdampfer mit 2 Hinterrädern für den Kongo	40	5,50	0,65	240	40	3,70	15,00
Kanonenboot mit 1 Hinterrad für Madagaskar	25	5,50	0,52	130	34	3,05	14,50
Dampfer „Sikasso" mit 2 Hinterrädern für den Senegal	30	5	0,38	100	50	2,80	14,20
Kanonenboot für Madagaskar mit 1 Hinterrad	25	5,50	0,40	50	55	2,00	12,00
Kanonenboot „Bossant" mit zwei verbundenen, durch Zahnräder bewegten Hinterrädern, Tonking	32,10	11	0,48	290	44	3,05	15,10

Digitized by Google

IV. Theil.

Schiffswiderstand und Schleppzug.

Digitized by Google

Digitized by Google

II. Abschnitt.

Schiffswiderstand.

Wesen, Entstehung und Arten des Schiffswiderstandes. Ueber den Widerstand, welchen das Wasser infolge der ihm eigenthümlichen Trägheit einem in dasselbe ganz oder theilweise eingetauchten und sich darin bewegenden Körper entgegensetzt, sind von hervorragenden Gelehrten und Fachmännern wiederholt Versuche angestellt worden. D'Alembert, Bossuet, Condorcet und Bourgois, Euler, Woltmann und Eytelwein, sowie Stokes und Rankine haben darüber werthvolle Gesetze und Unterlagen zur weiteren Forschung ermittelt, jedoch war es erst dem Master of Arts, Froude, vorbehalten, die praktischen Grundlagen für die Bewegungswiderstände der Schiffe festzulegen.

An der Hand dieser Erfahrungen wurden in neuester Zeit rücksichtlich der Wichtigkeit dieser Frage in Bezug auf die Zugskosten zahlreiche Widerstandsversuche in der Natur und mit Modellen sowohl bezüglich des Zugswiderstandes im Strome, als auch in Kanälen durchgeführt, von welchen insbesondere die in Frankreich von de Mas*), die von der Ersten k. k. priv. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft und die von der preussischen Regierung 1898 am Dortmund-Emskanal ausgeführten Zugsversuche anzuführen sind, während von den theoretischen Erforschungen die von Riehn und Rauchfuss deshalb werthvoll sind, weil in denselben alle im praktischen Betrieb sich ergebenden Erscheinungen mit Fachkenntnis aufgenommen sind.

Bevor jedoch die Ergebnisse dieser Versuche besprochen werden, ist es nothwendig, das Wesen der Bewegungswiderstände der Schiffe näher zu erläutern:

Die älteren Formeln zur Berechnung des Bewegungswiderstandes eines Schiffes gründeten sich hauptsächlich auf den Einfluss, den die grösste eingetauchte Querschnittsfläche des Schiffskörpers äussert. Die Untersuchungen hierüber erstreckten sich durchaus auf in Fahrt befindliche Dampfer und erst Froude hat im Jahre 1871 den Widerstand des englischen Kriegsschiffes Greyhound dadurch ermittelt, dass er dasselbe in stromlosem Wasser durch einen anderen Dampfer in der Richtung einer am Lande abgesteckten Meile mit verschiedenen Geschwindigkeiten vorbeischleppte und den dabei auf die Schlepptaue ausgeübten Zug mittels eines in das Schlepptau eingeschalteten Federkraftmessers (Dynamometer) ermittelte und auf Grundlage dieser Erfahrungsziffern dann zahlreiche Versuche mit in einem Bassin gezogenen Modellen anstellte. Bei diesen Modellversuchen ging

*) „Recherches expérimentales sur le matériel de la batellerie. Paris."

Digitized by Google

Froude von der Ansicht aus, dass die beim Zuge der Modelle durch das Bassinwasser entstehenden Wellen und Wirbel, dem vom wirklichen Schiffe erzeugten gegenüber, in demselben Masse verkleinert auftreten wie dieses das Massstabsverhältnis zwischem dem Modell und dem Schiffe angiebt, welche Voraussetzung jedoch nicht ganz zutreffend ist.

Versuche, den Schiffswiderstand aus den Widerständen von in verkleinertem Masstabe hergestellten Modellen derselben abzuleiten, sind schon deshalb schwierig, weil es bisher nicht gelang, eine einwandfreie, gesetzmässige Beziehung zwischen den Ergebnissen mit Modellen und denen mit darnach gebauten Schiffen zu ermitteln. Schon Reech, der frühere Direktor der Schiffbauschule der französischen Marine hat darauf hingewiesen, dass man die Widerstände von Modell und Schiff nicht für ein und dieselbe Geschwindigkeit beider mit einander vergleichen darf, wie es früher geschah, sondern dass einer bestimmten Modellgeschwindigkeit eine bestimmte andere Schiffsgeschwindigkeit entspricht. Die zusammengehörigen Geschwindigkeiten von Modell und Schiff bezeichnet er deshalb als „korrespondirende Geschwindigkeiten".

Froude hat übrigens in dieser Beziehung auch nur ausgesprochen: „Wenn die Abmessungen des Schiffes das D-fache der Abmessungen des Modells sind, und wenn bei den Modellgeschwindigkeiten V_1, V_2, V_3 . . . . die gemessenen Modellwiderstände R_1, R_2, R_3 . . . betragen, so sind für die Schiffsgeschwindigkeiten $V_1\sqrt{D}$, $V_2\sqrt{D}$, $V_3\sqrt{D}$, ... die Schiffswiderstände $D^3 R_1$, $D^3 R_2$, $D^3 R_3$ . . . ." Und selbst diese Beziehungen sind nach Tullinger (Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens, 1881) nur soweit richtig, als es sich um den Formwiderstand handelt (siehe auch Stokes und Rankine „Stromlinientheorie").

In welcher Weise aber auch die Zugswiderstände beobachtet wurden, haben sie doch immer zu dem Ergebnisse geführt, dass der Widerstand keinesfalls, wie dieses die alten Formeln lehrten, nur von dem im Wasser eingetauchten grössten Querschnitte des Schiffes bedingt und nicht nur bei wechselnden Geschwindigkeiten verschieden ist, sondern, dass auch bei gleicher Geschwindigkeit und Schiffen von gleichen benetzten Querschnitten und ähnlichen Längen durch die abweichenden Bauformen des Schiffskörpers verschieden grosse Widerstände entstehen.

Betrachtet man einen im Wasser mit entsprechender Geschwindigkeit fortbewegten Schiffskörper (Bild 236), so bemerkt man vor allem beim Vordertheile ein Erhöhung des Wassers über die Oberfläche, die Bugwelle, deren Grösse und Umfang in erster Linie von der Grösse der Geschwindigkeit, jedoch auch von der Form des Buges abhängt. Diese Erhöhung entsteht dadurch, dass die einzelnen Stromfäden, wenn der Schiffsbug in dieselben eindringt, eine Verzögerung in ihrer gleichmässigen Bewegung erfahren, wodurch sie in ihrer Geschwindigkeit gehemmt werden und sich nun durch die Druckvermehrung zur Bugwelle aufstauen. Von dieser Erhöhung der Wasseroberfläche wird gegen die Mitte des Schiffskörpers zu unter entsprechender Wellenbildung eine Senkung des Wasserspiegels eintreten, weil hier die Stromfäden nun mit erhöhter Geschwindigkeit abfliessen, also eine Druckabnahme erleiden und sich daher zu einem Wellenthale vertiefen. Gegen das Ende

Digitized by Google

des Schiffskörpers bemerkt man endlich wieder eine Erhöhung des Wasserspiegels, weil dort der Abfluss der Stromfäden, sowie am Buge, abermals eine Verzögerung, daher einen grösseren Druck erfährt, gestaut wird und nun die Achterwelle bildet. Diese Stauwellen strömen knapp hinter den beiden Achterseiten des Schiffes, je nachdem die Wasserfäden durch die Form des Hintertheiles geführt werden, mehr oder weniger glatt, oft unter wahrnehmbarer Wirbelbildung wieder zusammen.

Auf Grund aller dieser Erscheinungen ist nun in neuerer Zeit festgestellt worden, dass der Widerstand eines Schiffes gegen den Zug aus mehreren zusammenwirkenden Einflüssen besteht, von denen ein jeder für sich berechnet werden muss und welche dann zusammen den Gesammtwiderstand des Schiffes ausmachen. Man hat deshalb den Widerstand zerlegt in:

1. den Oberflächenwiderstand oder Reibungswiderstand,
2. den Formwiderstand und
3. den durch die Wellen und die Wirbelbildung entstehenden Widerstand.

Achterwelle. Bugwelle.

Bild 236. Wellenbildung.

Oberflächen- oder Reibungswiderstand. Unter Oberflächenwiderstand versteht man den Widerstand, welcher durch die Reibung der Stromfäden längs der eingetauchten Aussenflächen des Schiffskörpers entsteht.

Derselbe ist abhängig von der Grösse und dem Zustande der eingetauchten Schiffsfläche, sowie der Geschwindigkeit, mit welcher die Stromfäden an derselben vorbeigleiten. Der Oberflächenwiderstand wird demnach umso grösser sein, je rauher die benetzten Aussenflächen und umso geringer, je glatter dieselben sind.

Derselbe wurde früher, besonders bei den vollen Schiffskörpern, unterschätzt und erst Rankine hat darauf hingewiesen, dass der Widerstand eines Schiffes überhaupt grössten Theiles durch die Reibung der einzelnen Wassertheilchen längs der eingetauchten Schiffsflächen entstehe.

Digitized by Google

Auch nach den von der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft durchgeführten Zugsversuchen beträgt der Oberflächenwiderstand bei den in der Donauschiffahrt üblichen Schleppformen und Fortgangsgeschwindigkeiten den bei weitem überwiegenden Theil des Gesammtwiderstandes.

Formwiderstand. Unter Formwiderstand versteht man die Verdrängung des Wassers bei der Fortbewegung des Schiffskörpers durch dasselbe. Er ist am Buge am stärksten, wo zum Durchgange des Körpers das Wasser entzweigespalten wird. Je grösser die Fortgangsgeschwindigkeit des Schiffes und je voller der Bug gebaut ist, umso grösser wird der Formwiderstand und umgekehrt verringert sich derselbe, je schiefer die Baulinien der Endtheile gehalten sind und je schlanker die Bug- und Mitteltheile verlaufen. Als massgebend für den Formwiderstand nimmt man immer die grösste benetzte Querschnittsfläche des Schiffskörpers.

Wellen- und Wirbelwiderstand. Unter Wellen- und Wirbelwiderstand versteht man jene Widerstände, welche durch die Wellenbildung am Buge des Schiffskörpers und durch die Wirbelbildung am Achter desselben entstehen.

Der den Wirbel erzeugende Widerstand ist im Verhältnisse zum Gesammtwiderstand klein zu nennen und hängt hauptsächlich von der mehr oder weniger vollen Form des Hinterschiffes ab. Je voller dieses ist, umso mehr wird es die Vergrösserung des Wirbels befördern. Der Widerstand durch die Bugwellenbildung kann unter Umständen durch eine entsprechende Wellenbildung am Achter zum Theile aufgehoben werden. Die Wellen- und Wirbelwiderstände entstehen, wie beim Bilde 236 nachgewiesen, durch die Erhöhungen der Wasseroberfläche am Vorder- und Hintertheile des Schiffes, und durch die hierdurch eintretenden Senkungen der zwischen diesen liegenden Wassermassen. Die hieraus sich ergebenden Veränderungen der Wasserfläche veranlassen in ihrer Gesammtwirkung eigentlich eine Vergrösserung des Formwiderstandes, welcher sich durch das Aufstauen des Wassers am Vorder- und Hintertheile des Schiffes ergiebt. Nachdem bei den geringen Fortgangsgeschwindigkeiten beim Schleppzuge auf Flüssen und Kanälen der Wellen und Wirbel bildende Widerstand sehr gering ist, derselbe sich in seinen Einzelheiten auch kaum bestimmen lässt, wird er in den Formwiderstand miteinbezogen. Bei den grossen Fortgangsgeschwindigkeiten der Seedampfer, deren Grössenverhältnissen und Bauformen, sowie bei den natürlichen Wellenbildungen der See ist derselbe jedoch von grösserer Bedeutung.

Wellenbildung an Flussseichten. Ausser diesen, bei der Fortbewegung eines Schiffes auftretenden Erscheinungen ist bei einem Flussschiffe, welches mit grösserer Geschwindigkeit fährt, wahrzunehmen, dass ausser der Bug- und Achterwelle noch an beiden Seiten desselben, hinter dem Achter Wellen entstehen, welche, wenn das Schiff an eine seichtere Stelle gelangt, zu beiden Bordseiten und hinter dem Schiffe mitlaufen und sich an den Flussseichten oder am Ufer brechen. Diese nachlaufenden Wellen, welche oft bis vor das Schiff rollen, werden hauptsächlich von dem Schaufelrade

Digitized by Google

oder der Schraube erzeugt, stehen aber auch mit der Form des Schiffes in irgend einem Zusammenhange. Obwohl dieselben auch beim Schleppzuge wahrnehmbar sind, konnte jedoch ihr Einfluss auf den Gesammtwiderstand bisher nicht ermittelt werden.

Widerstände im Kanale. Naturgemäss werden die Erscheinungen der Bewegungswiderstände in der See, im Flusse und im Kanale die gleichen sein müssen. Bei der Kanalschiffahrt treten jedoch zu diesen Erscheinungen noch andere hinzu, welche sich durch das Verhältnis des Wasserquerschnittes des Kanales zum eingetauchten Schiffsquerschnitte ergeben und welche im unbegrenzten Querschnitte der See oder in dem annähernd als solcher anzusehenden Flussquerschnitte nicht bestehen.

Es muss deshalb, um den Widerstand eines Schiffes im Kanal zu bestimmen, zu dem im Flusse gefundenen Zugswiderstande noch eine Erfahrungsziffer für die durch den Wasserquerschnitt des Kanales sich ergebenden Widerstände hinzugerechnet werden. Wenn somit der Eigenwiderstand eines Fahrzeuges r ist, so wird sein Widerstand im Kanale $R = C \cdot r$ betragen.

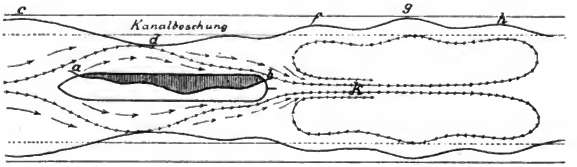


Bild 237.

Die im Kanal auftretenden Widerstände entstehen dadurch, dass in dem engbegrenzten Kanalquerschnitte durch die Fortbewegung des Schiffes eine Strömung entsteht, welche kurz vor der Bugwelle des Schiffes beginnt und gegen die Schiffsmitte zunimmt, um bei der Achterwelle des Schiffes wider abzunehmen. Zwischen den Schiffsseiten und den Kanalböschungen, sowie offenbar über die Kanalsohle fliesst das Wasser gegen die Bewegungsrichtung des Schiffes, in der Mitte am stärksten, und wird dieser Abfluss ausser durch die Reibung an den Schiffsflächen auch noch durch die Reibungen an den Böschungen und der Kanalsohle verzögert.

Im Bilde 237 deuten die Pfeile die Richtung der durch die Fortbewegung des Schiffes entstehenden Kanalströmungen an. Vor dem Schiffe bei a strömt das Wasser stark ab, der Wasserspiegel senkt sich bei der Schiffsmitte, um sich bei b wieder zu erhöhen, die Strömungen vereinigen sich im Kielwasser des Schiffes bei K und fliessen dort am stärksten zusammen. Die Strömung des Kielwassers nimmt nach rückwärts stetig ab und wird erst dort Null, wo der Wasserspiegel im Kanal wieder die Höhe angenommen hat, welche er vor Durchfahrt des Schiffes hatte. Das Abfallen des Kanalwassers an den Böschungen von c bis d und das Ansteigen desselben bei f, g und h in Form von Uferwellen wiederholt sich hinter dem Schiffe noch

Digitized by Google

einige Male. Diese nachlaufenden Wellen werden aber immer kleiner und schliesslich nicht mehr wahrnehmbar.

Für die Kanalböschungen sind diese nachrollenden Wellen am schädlichsten. Sie haben bei grösseren Geschwindigkeiten eine ziemliche Gewalt, deren Grösse übrigens weniger von der durch die Wasserverdrängung des gezogenen Schleppes gebildeten Wellenbewegung, als vielmehr von den durch die Schraube in Bewegung gebrachten und über die Sohle nach hinten geschleuderten Wassermassen herrührt.

Einsinken der Schiffe. In Folge dieser Wasserverdrängung sinken die gezogenen Schleppe in die Wasserfläche ein und beträgt die Einsenkung des Schiffskörpers oft bis 30 cm, so dass in einem Kanale, wenn die Zugsgeschwindigkeit während der Fahrt nicht fortwährend überwacht und zu rechter Zeit nicht verringert wird, der Schlepp auch dann auf Grund kommen kann, wenn das Fahrwasser noch genügende Tiefe besitzt.

Die Erscheinung des Einsinkens der gezogenen Schleppe ist übrigens auch in der Flussschiffahrt wohlbekannt. Durch eine lange schmale Fuhrt kann man einen Schlepp mit verminderter Maschinenkraft, wenn er nur um 5 oder 10 cm seichter als die Fuhrttiefe taucht, ohne Anstand durchschleppen. Wird jedoch mit zu grosser Maschinenkraft gefahren, so kommt der Schlepp, wenn er zwischen seinem Schiffsboden und dem Flussgrunde auch 20 cm Spielraum hat, infolge der eintretenden Einsenkung dennoch auf Grund.

Durch die Einsenkung des Körpers während des Zuges verliert der Schlepp gleichzeitig seine Steuerfähigkeit, weshalb in seichtem Wasser und schmaler Fahrbahn stets mit verminderter Geschwindigkeit gefahren werden muss. Die sich ergebende Ablenkung der Schiffe aus ihrem Kurse hat schon oft zu Zusammenstössen, Ländfahren und Havarien geführt, ohne dass man sich die Ursache dieser Unfälle, das Einsinken der Schiffe, zu erklären wusste. Die Schiffer sprechen immer nur von einem, auf seichten Stellen auftretenden, von dem Schiffe selbst erzeugten „Davontauchen", welchem übrigens durch die, im Abschnitte 12 beschriebene neuartige Steuerungsvorrichtung (Patentsteuer) wirksam entgegengearbeitet werden kann.

Dass durch jedes Einsinken der Schleppe deren Eigenwiderstand vergrössert wird, ist klar, denn durch dieselbe wird nicht nur der eingetauchte Schiffsquerschnitt vergrössert, wodurch der Formwiderstand wächst, sondern es nimmt auch durch die hierdurch entstehende grössere benetzte Oberfläche der Reibungswiderstand zu. Jede Einsenkung ist somit einer Vergrösserung des Deplacements gleichzustellen.

Die Erscheinung des Einsinkens eines Schiffskörpers lässt sich am besten bei einem schnellfahrenden Personendampfer beobachten. Wenn dieser ein enges und seichtes Fahrbett mit voller Kraft durchfährt, bilden sich immer grösser werdende Stauwellen, wodurch die Fortgangsgeschwindigkeit abnimmt und der Dampfer plötzlich, oft mit einem bedeutenden Stoss und Geräusch auf Grund geräth, trotzdem sein Tiefgang etwa nur 1,30 m und die Fahrtiefe 1,50 m beträgt. Wird die Maschinenkraft nun verringert oder zum Stillstande gebracht, so hebt sich der Dampfer wieder vom Grunde ab und wird flott. Hierdurch erklärt sich die praktische Erfahrung in der Donauschiffahrt, dass die grossen

Digitized by Google

Personendampfer bei Niederwasser und an Flussseichten schneller vorwärtskommen, wenn sie mit etwas verminderter, als wenn sie mit voller Maschinenkraft fahren.

Haack theilt einen Bericht der Zeitschrift „Le Yacht" vom 8. September und 6. Oktober 1900 mit:

Das russische Panzerschiff „Sevastopol" von 10900 t Deplacement, 10300 i. HP, 17 Knoten Geschwindigkeit, hat verschiedene Havarien erlitten, welche umfangreicher Reparatur bedürfen. Das Fundament eines der grossen Thürme wurde beschädigt und ein Cylinder der Maschine zerbrochen. Bei Untersuchung des Panzerschiffes „Sevastopol" im Dock hat man auf Grund verschiedener Reparaturen festgestellt, dass das Schiff den Grund berührte, ohne dass es bemerkt wurde. Infolge davon hat der russische Marineminister ein Rundschreiben erlassen, in welchem er bestimmt, dass die Schiffe, welche bei 7 m mittlerem Tiefgang nicht mehr als 0,90 m Wasser unter dem Kiel haben, mit ihrer geringsten Geschwindigkeit fahren sollen." Es ist wohl zweifellos, dass diese Havarie der „Sevastopol" auch dadurch entstand, dass das Schiff infolge seiner grossen Geschwindigkeit von 17 Knoten in der Meeresseichte eine bedeutende Einsenkung erhielt und schliesslich den Grund berührte, welcher Stoss die Havarien obiger Bautheile verursachte.

Luftwiderstand. Zu den Bewegungswiderständen ist endlich noch der Widerstand zu rechnen, den der Luftdruck der Vorwärtsbewegung entgegensetzt und welcher bei starkem Gegenwind, grosser Fahrgeschwindigkeit, hohen Schiffsflächen und breiten Deckaufbauten nicht unbedeutend ist.

Während eines Schleppzuges ist jedoch der Luftwiderstand mit Rücksicht auf die geringe Fortgangsgeschwindigkeit in der Regel so mässig, dass er aus dem sich ergebenden Gesammtwiderstande rechnerisch schwer zu ermitteln wäre. Es ergeben sich jedoch auch in der Binnenschiffahrt Umstände, welche die Kenntnis der Grösse des von einem starken Gegenwinde auf den Fortgang eines Dampfers oder Schleppzuges ausgeübten Widerstandes fordern, umsomehr als auf den Einfluss starker Luftwiderstände schon viele Unfälle zurückzuführen sind. So hatte beispielsweise der 700 i. HP starke Zugdampfer „Kübeck" mit 6 eisernen Schleppen und 2 hölzernen Ruderschiffen in Tau unterhalb Budapest, also in geringer Strömung, während einer stürmischen Nacht in starkem Gegenwinde seine Fortgangsgeschwindigkeit von $4^1/_2$ km in der Stunde gänzlich verloren und musste, weil eine Ankerung seines Anhanges unmöglich war, die ganze Nacht hindurch seine Maschine mit vollster Kraft arbeiten lassen, um mit dem Strome nicht anzurinnen und dadurch eine grössere Havarie zu erleiden. Der Luftdruck gegen die hohen Deckbauten des Kübeck und die Dachaufbauten der Ruderschiffe erzeugten diesen ausserordentlichen Widerstand.

Die entsprechendste Formel für den Luftwiderstand ist:

$$W_l = 0{,}16 \cdot O \cdot v^2,$$

in welcher W_l sich in Kilogramm ausdrückt, O die Querschnittsflächen der über Wasser befindlichen Aufbauten sammt dem Schornsteine, und v die Geschwindigkeit des Windes in Meter in der Sekunde bedeutet, welche nach der Seite 8 angegebenen Windtafel zu berechnen ist.

Digitized by Google

Widerstandsformeln. Die vielen Einzelbeträge, aus welchen der Gesammtwiderstand eines Schiffes zusammengesetzt ist, haben zur Folge, dass die mannigfaltigen zur Berechnung des Widerstandes aufgestellten Formeln zwar in gegebenen Fällen der Wirklichkeit mehr oder weniger nahe kommen, jedoch auf allgemeine Verlässlichkeit und Anwendbarkeit keinen Anspruch erheben können. Es giebt nämlich bezüglich der Schiffswiderstände auch nicht eine Versuchsreihe, welche alle, den Widerstand des Schiffes beeinflussenden Umstände in mathematisch genauer Weise hätte berücksichtigen können. Aus diesem Grunde sind alle Versuchsergebnisse auch nur für jene Fälle anwendbar, in welchen die gegebenen Voraussetzungen gleich oder ähnlich sind wie sie bei den Versuchen waren.

Die alte Formel zur Berechnung des Widerstandes stützte sich, wie schon erwähnt, nur auf den Widerstand des grössten benetzten Querschnittes gegen die Fortbewegung im Wasser. Sie wurde, wenn die Fläche des grössten Querschnittes mit F, die Geschwindigkeit mit v bezeichnet wird, durch die Formel:

$$\text{Widerstand } W = F \cdot v^2 \cdot k$$

ausgedrückt, worin k eine Erfahrungsziffer bedeutet, welche der Formel angefügt wurde, um die Rechnungsergebnisse mit den vorhandenen Erfahrungen in Einklang bringen zu können. Diese Formel kam der Wirklichkeit insolange nahe, als in der Seeschiffahrt geringere Fortgangsgeschwindigkeiten auftraten und die Schiffe annähernd gleiche Bauformen hatten, bei welchen die Länge nicht mehr als etwa das sechsfache der Breite betrug.

Formel von Rankine. Im späteren Schiffsbau konnte man jedoch diese Formel nicht mehr anwenden und Rankine*), welcher von der Annahme ausging, dass bei einem gut geformten Schiffe der Widerstand fast ausschliesslich aus der Reibung der einzelnen Stromfäden längs der Schiffsaussenfläche bestehe und dass dem Wellen und Wirbel bildenden Widerstande nur eine geringe Bedeutung zukomme, stellte die Formel

$$W = U \cdot f \cdot w \cdot \frac{v^2}{2g}$$

auf, in welcher U die benetzte Fläche der Aussenwand des eingetauchten Schiffskörpers, f eine Erfahrungsziffer für die Reibung, w das Gewicht einer Volumeinheit des Wassers und v die Schiffsgeschwindigkeit darstellt.

Formel von Riehn. Nach zahlreichen Versuchen wendete sodann Riehn**), unter der richtigen Voraussetzung, dass der Gesammtwiderstand in seinen Haupttheilen nur aus einem Form- und einem Reibungswiderstande bestehe, die Formel an

$$W = W_f + W_r$$

in welcher W_f den ersteren und W_r den letzteren darstellt. Jeder dieser Werthe ist einzeln zu berechnen und hat für Seedampfer und diesen in der Form ähnliche Flussschiffe, ferner für Binnenschiffe mit abgerundeten und

*) W. J. Rankine. Shipbuilding theoretical and practical. London 1866.
**) W. Riehn. Die Berechnung des Schiffswiderstandes. Hannover 1882.

Digitized by Google

endlich für solche mit eckigen Endtheilen seine entsprechenden Erfahrungsziffern.

Die Riehn'sche Formel ist deshalb verlässlich, weil sie den Erfahrungen des praktischen Betriebes Rechnung trägt. In ihrem ersten Gliede W_f berücksichtigt sie, soweit als nothwendig, den Wirbel- und Wellenwiderstand, in ihrem zweiten Gliede W_r jedoch nur den Reibungswiderstand. Die Hauptabmessungen und Völligkeitsgrade der Schiffe werden dabei immer als bekannt vorausgesetzt. Nachdem in der Formel die Völligkeit des Vorder- und Hinterschiffes in besondere Rücksicht gezogen wird, so ist W_f zu theilen für das Vorderschiff

$$W'_f = \frac{w}{2g} v^2 \left(\frac{B}{L_1}\right)^2 B\, 2T_1\, (C_1 - 1)\, G_1$$

und für das Hinterschiff

$$W''_f = \frac{w}{2g} v^2 \left(\frac{B}{L_2}\right)^2 B\, 2T_1\, (C_2 - 1)\, G_2$$

während die Formel des Reibungswiderstandes immer $W_r = f\, v^r\, (2LT_1 + aBL)$ bleibt.*)

Für die praktische Anwendung der Formel erscheint es nothwendig, die Entwickelung derselben zu erläutern:

Für die Berechnung des Formwiderstandes wird vor allem darauf Werth gelegt, den Weg zu bestimmen, auf dem die einzelnen Wassertheilchen an der Aussenfläche des Schiffes hingleiten. Dieselben nehmen den kürzesten Weg längs der Krümmungslinien des Schiffskörpers. Sie werden

*) In diesen und den folgenden Formeln ist:

L die Länge des Schiffes in der oberen Wasserlinie
L_1 „ „ „ Vorderschiffes „ „ „ „ bis zum Hauptspant
L_2 „ „ „ Hinterschiffes „ „ „ „
B die grösste Breite des Hauptspantes in der oberen Wasserlinie
T_1 der Tiefgang, gemessen auf dem Hauptspant von der oberen Wasserlinie bis Oberkante Kiel
A die Fläche des dem Hauptspante umschriebenen Rechteckes
a_2 der Völligkeitsgrad des Hinterschiffes in der obersten Wasserlinie
W der Gesammtwiderstand des Schiffes
W_f der Formwiderstand des Schiffes
W_r der Reibungswiderstand des Schiffes
a_0 (a) der Völligkeitsgrad in der obersten Wasserlinie
a_1 der Völligkeitsgrad des Vorderschiffes in der obersten Wasserlinie
β der Völligkeitsgrad des Hauptspantes
β_1 der Völligkeitsgrad des Hilfsspantes
v die Geschwindigkeit des Schiffes
w das Gewicht einer Cubikeinheit Wasser
g die Beschleunigung der Schwere

Ferner ist $C_1 = \frac{n_1^3}{3n_1 - 2} \cdot \frac{1+1}{1+n_1^2}\left(\frac{B}{L_1}\right)^2$ $C_2 = \frac{n_2^3}{3n_2 - 2} \cdot \frac{1+1}{1+n_2^2}\left(\frac{B}{L_2}\right)^2$

$$n_1 = \frac{a_1}{1-a_1} \quad n_2 = \frac{a_2}{1-a_2}$$

$$G_1 = a_0 + \frac{k}{C_1 - 1} \quad G_2 = a_0 + \frac{k}{C_2 - 1}$$

$$k = 1 - \frac{3}{m+1} + \frac{3}{2m+1} - \frac{1}{3m+1}$$

$$a = \frac{1}{3} - \frac{19}{3} \cdot \frac{1}{m+1} + \frac{3}{2m+1} - \frac{1}{3m+1} + \frac{6}{m+2} + \frac{2}{3m+2} - \frac{3}{m+3} + \frac{3}{2m+3}$$

$$m = \frac{\beta_1}{1-\beta_1}$$

Digitized by Google

sowohl von den im wagerechten Sinne gehenden Wasserplanlinien, als auch von den in senkrechtem Sinne ansteigenden Spantenlinien geleitet, demnach in Linien mit doppelter Krümmungsrichtung geführt werden. Nachdem diese Krümmungslinien schwer darstellbar sind, so wird statt derselben aus allen Spanten ein mittlerer Hilfsspant berechnet und gezeichnet, welcher die Bestimmung des wahrscheinlichen Weges ermöglicht, den die einzelnen Wassertheilchen in ihrem Verlaufe um den Schiffskörper nehmen. Die Ermittlung des Hilfsspantes aus dem Hauptspante zeigt Bild 238.

Links von der Mittellinie sind die Spanten des Vorderschiffes dargestellt. Die Mittellinie, sowie die Spantenumfänge bis zur Tiefe der Eintauchung werden in vier gleiche Theile getheilt. Die Verbindungslinien der Theilungspunkte aA, bB, cC und dD (links von der Mittellinie) zeigen den Weg, den die einzelnen Wassertheilchen um den Schiffskörper als Stromlinien nehmen. Verbindet man die Theilungspunkte der Mittellinie a, b, c, d mit den Theilungspunkten A, B, C, D des Hauptspants (rechts von der Mittellinie) und überträgt die Linien bB, cC, dD in die entsprechenden Wasserlinien, so erhält man die Punkte B_1, C_1 und D_1, welche mit A und dem tiefsten Punkte des Spants verbunden, den Hilfsspant geben. In diesem ist $bB = bB_1, cC = cC_1$ und $dD = dD_1$, und um denselben denkt man sich die Wassertheilchen bewegt.

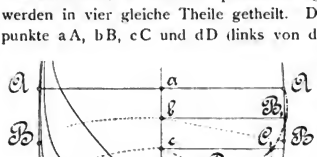


Bild 238.

In entsprechender Weise wurde nun aus dem Flächeninhalte des Hauptspantes die Beziehung zu diesem Hilfsspant berechnet, wobei die Voraussetzung galt, dass es nicht viel darauf ankommt, ob die später in die Berechnung einzuführende Linie des Hilfsspantes ganz genau mit dem durch die obige Konstruktion gewonnenen Hilfsspant übereinstimme, weil der Formwiderstand in den unteren scharfen Theilen des Schiffes doch nur sehr geringe ist und sein Hauptbestand in den oberen Wasserlinien liegt. Nach einer Reihe verschiedenartig geformter Hauptspanten wurde diese Beziehung der Völligkeitsgrade des Hilfsspants β_1 und des Hauptspants β durch

$$\frac{\beta_1}{\beta} = 1{,}1 - \left(0{,}125 \cdot \beta \cdot \frac{B}{T_1}\right)$$

abgeleitet, worin B die grösste Breite des Hauptspantes in der oberen Wasserlinie und T_1 den Tiefgang des Schiffes, gemessen auf dem Hauptspant von der oberen Wasserlinie bis Oberkante Kiel, bedeutet.

Der Ausdruck in der Formel $\frac{w}{2g} \cdot v^2$ muss je nach der Geschwindigkeit der Schiffe eine Richtigstellung erfahren, weil durch verschiedene Fahrgeschwindigkeiten eine Beeinflussung des Widerstandes am Vorderschiff und der Druckverhältnisse am Hinterschiffe durch die Wellenbildung stattfindet. Als mittlere Geschwindigkeit der Dampfer nimmt Riehn 18.5 bis 22 km in der Stunde an und als für diese Geschwindigkeiten passende Erfahrungs-

Digitized by Google

ziffer stellt er 0,405 $v^{2,5}$ statt v^2 in Rechnung. Weil ferner w das Gewicht eines Kubikmeters Seewasser = 1026 kg und g die Beschleunigung der Schwerkraft = 9,81 bedeutet, so ergiebt sich für

$$\frac{w}{2g} \cdot v^2 = 0{,}405 \cdot \frac{1026}{2 \cdot 9{,}81} \cdot v^{2,5} = 21{,}18\ v^{2,5} \text{ oder abgerundet } 20 \cdot v^{2,5}$$

welcher Werth in die Formel für den Formwiderstand einzusetzen ist.

Nachdem der in der Formel vorhandene Ausdruck $B_1 \cdot 2T_1$, worin $B_1 = \frac{B}{2}$, auch gleich der Fläche eines um den Hauptspant umschriebenen Rechteckes A angesehen werden kann, so ist in die Formel der Werth A eingefügt worden.

Zum Zwecke der Berechnung der in der Formel enthaltenen Werthe C_1 und C_2 wird der Schiffskörper der Länge nach durch eine unendliche Menge Wasserlinien in dünne Schichten getheilt gedacht, aus welchen dann eine einer Parabel ähnliche Krümmungslinie abgeleitet wird, deren oberste Ordinate C_1 und C_2 der obersten und grössten Wasserlinie des Vorder- bezw. Hinterschiffes entspricht. Ihre Gleichungen wurden für das Vorderschiff mit

$$C_1 = \frac{n_1^3}{3n_1 - 2} \cdot \frac{1}{1 + n_1^2 \cdot \left(\frac{B_1}{L_1}\right)^2}$$

und für das Hinterschift mit

$$C_2 = \frac{n_2^3}{3n_2 - 2} \cdot \frac{1}{1 + n_2^2 \cdot \left(\frac{B_1}{L_2}\right)^2} \text{ gefunden.}$$

Durch die Bestimmung der Werthe von C_1 und C_2 wurden sodann jene von G_1 und G_2 berechnet mit:

$$G_1 = \alpha_0 + \frac{k}{C_1 - 1}$$

$$G_2 = \alpha_0 + \frac{k}{C_2 - 1}, \text{ worin wieder}$$

$$k = 1 - \frac{3}{m+1} + \frac{3}{2m+1} - \frac{1}{3m+1} \text{ und}$$

$$\alpha_0 = \frac{1}{3} - \frac{19}{3} \cdot \frac{1}{m+1} + \frac{3}{2m+1} - \frac{1}{3m+1} + \frac{6}{m+2} + \frac{2}{3m+2} - \frac{3}{m+3} + \frac{3}{2m+3} \text{ ist.}$$

Des weiteren ergiebt sich die Berechnung der Werthe m, n, n_1 und n_2 aus $m = \frac{\beta_1}{1 - \beta_1}$, $n = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_0}$, $n_1 = \frac{\alpha_1}{1 - \alpha_1}$ und $n_2 = \frac{\alpha_2}{1 - \alpha_2}$, worin

α_0 den Völligkeitsgrad der obersten Wasserlinie,

α_1 „ „ des Vorderschiffes und

α_2 „ „ „ Hinterschiffes in der obersten Wasserlinie bedeutet.

Endlich ist für Flussdampfer mit Flachboden für G_1 und G_2

$$i_1 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2C_1 - 1} \text{ und}$$

$$i_2 = \frac{1}{3} + \frac{2}{3C_2 - 1} \text{ einzusetzen.}$$

Digitized by Google

Hiermit sind alle in der Formel vorkommenden Werthe bestimmt und gestaltet sich die Formel für den Formwiderstand bei Flussdampfern:

$$W_f = 20A \cdot \left(\left(\frac{B}{L_1}\right)^2 \cdot (C_1 - 1) \cdot i_1 + \left(\frac{B}{L_2}\right)^2 \cdot (C_2 - 1) \cdot i_2 \right) \cdot v^{2,5}.$$

Bei Berechnung des Reibungswiderstandes ist zu bemerken, dass die Geschwindigkeit, mit welcher die einzelnen Wassertheilchen an der Schiffswand vorüber gleiten, nicht überall die gleiche, sondern vorne am Schiffe und in der Nähe der Wasseroberfläche etwas grösser, in der Mitte etwas geringer ist und hinten mit der Geschwindigkeit des Schiffes übereinstimmt. Im Mittel kann somit diese Fortbewegung als nahezu gleich, also = v angenommen werden.

Nach der ursprünglichen Formel ist der Reibungswiderstand für das ganze Schiff

$$W_r = f \cdot v^r \cdot (2\,LT_1 + aBL),$$

worin f, der sogenannte Reibungs-Koeffizient, für die verschiedenen Gattungen von Schiffen erst näher festgestellt werden muss und der Exponent r eine Erfahrungszahl bedeutet, welche = 1,83 zu nehmen ist.

Für ganz flache Flussdampfer mit ebenem Boden und fast viereckigem Querschnitte ist für den Reibungs-Koeffizient f zu setzen: $0{,}17 \cdot v^{1,83}$ und für Flussdampfer mit flachem Boden aber abgerundeter Kimm muss dieser Werth noch mit 0,90 multiplizirt werden.

Für Flussschiffe mit flachem Boden und abgerundeter Kimm ist demnach der Reibungswiderstand:

$$W_r = 0{,}17 \cdot 0{,}90 \cdot L \cdot (2T_1 + aB) \cdot v^{1,83}$$

oder

$$W_r = 0{,}153 \cdot \frac{L}{B} \cdot A \cdot \left(2 + \frac{aB}{T_1}\right) \cdot v^{1,83}$$

und somit der Gesammtwiderstand

$$W = 20A \cdot \left[\left(\frac{B}{L_1}\right)^2 \cdot (C_1 - 1) \cdot i_1 + \left(\frac{B}{L_2}\right)^2 \cdot (C_2 - 1) \cdot i_2 \right] \cdot v^{2,5} + 0{,}153 \cdot \frac{L}{B} \cdot A \cdot \left(2 + \frac{aB}{T_1}\right) \cdot v^{1,83}.$$

Anwendung der Formel Riehn auf die Donauschiffsformen. Nachdem bei den im Donaubetriebe vorhandenen Schleppformen Vorder- und Hinterschiff nahezu gleiche Wasserlinien haben, daher $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_0$ und $n_1 = n_2 = n_0$, also $C_1 = C_2 = C_0$ angenommen werden und eine Ziffer als Völligkeitsgrad, sowohl für das Vorder- als auch für das Hinterschiff giltig, eingesetzt werden kann, so vereinfacht sich die Riehn'sche Formel noch wesentlich und stellt sich für die Eisenschleppe der Donau wie folgt:

$$\text{Gesammtwiderstand in kg} = W = 20\,AC_0 \cdot \left[\left(\frac{B}{L}\right)^2 \cdot (i_1 + i_2) \right] \cdot v^{2,5} + 0{,}153 \cdot \frac{L}{B} A \cdot \left(2 + \frac{\alpha_0 B}{T_1}\right) \cdot v^{1,83}.$$

$A = BT_1$ ist die Fläche des dem eingetauchten Hauptspante umschriebenen Rechteckes,

Digitized by Google

B die Breite dieses Hauptspantes,
L die Länge des Schleppes in der Wasserlinie,
α_0 der Völligkeitsgrad der obersten Wasserlinie,

$$n_0 = \frac{\alpha_0}{1-\alpha_0},$$

$$C_0 = \frac{n_0^3}{3n_0-2} \cdot \frac{1,1}{1+n_0^2\left(\frac{B}{L}\right)^2},$$

$$i_1 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2C_0},$$

$$i_2 = \frac{1}{3} + \frac{2}{3C_0},$$

v ist die Todtwassergeschwindigkeit in Meter in der Sekunde und
T_1 der Tiefgang in Meter.

Der Zugswiderstand des Seite 302 (Bild 201) beschriebenen 670 Tonnenschleppes berechnet sich dann nach dieser Formel bei einer Tauchung von 1,80 m und einer Todtwassergeschwindigkeit von 5 km in der Stunde (Fahrgeschwindigkeit in stromlosem Wasser):

A = Schleppbreite 8,20 m × 1,80 m Tauchung = 14,75 m²
B = 8,20 m
L = 63,00 m
α_0 = beträgt im Mittel bei 1,80 m Tauchung 0,82

$$n_0 = \frac{0,82}{1-0,82} = 4,55, \text{ daher } n^2 = 20,702 \quad n^3 = 94,196$$

$$C_0 = \frac{94,196}{13,65-2} \cdot \frac{1,1}{1+20,702 \times 0,017161} = 6,564$$

$i_1 = 0,5761$ und
$i_2 = 0,4349$
v = 5 km Todtwassergeschwindigkeit in der Stunde = 1,389 m in der Sekunde
$T_1 = 1,80$ m

$$\frac{B}{L} = 0,131 \quad \left(\frac{B}{L}\right)^2 = 0,0172$$

$$\frac{L}{B} = 7,6363$$

$$\text{Formwiderstand} = W_1 = 20 \cdot A \cdot C_0 \left(\frac{B}{L}\right)^2 \cdot (i_1 + i_2) \cdot v^{2,5} = 78 \text{ kg}$$

$$\text{Reibungswiderstand} = W_r = 0,153 \cdot \frac{L}{B} \cdot A \cdot \left(2 + \frac{\alpha_0 B}{T_1}\right) \cdot v^{1,83} = 184 \text{ kg},$$

somit der Gesammtwiderstand für einen beladenen 670 Tonnenschlepp bei 5 km Todtwassergeschwindigkeit auf 262 kg.

Für die der mittleren und unteren Donaustrecke entsprechende Todtwassergeschwindigkeit von 9 km in der Stunde (5 km Fahrgeschwindigkeit + 4 km Stromgeschwindigkeit) berechnet sich der Gesammtwiderstand auf 741 kg, für die bei der grösseren Stromgeschwindigkeit der oberen Donaustrecke sich ergebende Todtwassergeschwindigkeit von 13 km in der Stunde auf 1713 kg und endlich für die auf der Kataraktenstrecke auftretende grösste Todtwassergeschwindigkeit von 18 km in der Stunde auf 3428 kg.

Digitized by Google

Formel von Rauchfuss. Die von Rauchfuss*) aufgestellte Formel für den Widerstand der Schiffe gegen den Zug lautet:

$$W = W_r + W_l + W_w + W_s$$

in welcher W_r den Reibungswiderstand, W_l den Luftwiderstand, W_w den Wellen und Wirbel bildenden und W_s den Widerstand der Bugwelle, des Stauwassers, ausdrückt und deren Werthe einzeln bestimmt werden müssen.

Für W_r kommt die einfache Gleichung

$$W_r = 0{,}0471 \cdot U \cdot v^{1{,}83}$$

einzusetzen, in welcher U die eingetauchte Schiffsaussenfläche und v die Geschwindigkeit des Schiffes in Meter in der Sekunde ausdrückt.

Der Erfahrungskoeffizient 0,0471 gilt nur für Schiffe mittlerer Länge, etwa von 90 bis 100 m; für Schiffe von geringerer Länge muss der Koeffizient vergrössert, für solche von grösserer Länge verringert werden, und zwar derart, dass für ganz kleine Schiffe von 30 m Länge 0,0812, für grössere von 70 m 0,0665, und für sehr lange von über 120 m Länge 0,0400 in Rechnung gestellt wird.

Für W_l gilt die Gleichung

$$W_l = 0{,}0215 \cdot O \cdot v^2,$$

worin unter O die grösste Durchschnittsfläche des über Wasser befindlichen Schiffskörpers sammt Deckaufbauten und der über diese herausragenden Schornsteinfläche darstellt, und da v nur die Eigengeschwindigkeit des Schiffes ausdrückt, so ist bei starkem Gegenwinde die Geschwindigkeit des Windes in der Stunde (siehe Windtafel Seite 8) der Schiffsgeschwindigkeit hinzuzurechnen.

Für W_w und W_s werden Gleichungen mit zahlreichen Berechnungsziffern**), welche ähnlich wie die auf Seite 354 dargestellte Berechnung des Hilfsspantes von den Stromlinien abgeleitet werden, eingesetzt, welche jedoch in der in der Formel berechneten Grösse nur in der Seeschiffahrt auftreten, während sie für die geringen Fortgangsgeschwindigkeiten und Wellenbildungen der Flussschiffahrt nur sehr geringe Werthe ergeben.

So berechnen sich beispielsweise W_w und W_s für ein auf Kiel gebautes See- oder Flussschiff von einer Länge

in der Wasserlinie	L =	69,50 m
grösste Breite	B =	11,00 „
Tiefe von Deck bis zur Oberkante des Kiels an der Seite gemessen	T =	7,68 „
mittlerem Tiefgang ohne Kiel	T_1 =	4,72 „
Völligkeitsgrad der obersten Wasserlinie . .	α(a) =	0,83 „
„ des Vordertheiles dieser Linie .	α_1 =	0,80 „
„ „ Hintertheiles „ „ . .	α_2 =	0,86 „

*) E. Rauchfuss. Widerstand und Maschinenleistung der Dampfschiffe — Kiel 1896.

**) $W_w = 1{,}410 \cdot v^2 \cdot \int ds \cdot \sin^3 a$, worin der Werth $\int ds \cdot \sin^3 a$ die Grösse und Form der benetzten Aussenfläche des Schiffskörpers für den Wellen und Wirbel bildenden Widerstand darstellt. $W_s = 0{,}00268 \cdot v^2 \cdot \left(\int dl \cdot \sin^2 a\right)^{1/2}$.

Digitized by Google

Völligkeitsgrad des Hauptspantes . . . . . $\alpha_3 =$ 0,85 „
ganze benetzte Umfangsfläche sammt Steuerblattfläche . . . . . U = 1100,7 m²
Windfangfläche . . . . . O = 71,5 m²

für eine Geschwindigkeit von 18,52 km in der Stunde auf:

$W_r = 6044$ kg
$W_l = 153$ „
$W_w = 587$ „
$W_s = 516$ „
daher der Gesammtwiderstand $W = 7300$ kg, während sich diese Werthe für den 670 Tonnenschlepp der Donauschiffahrt bei 18 km Todtwassergeschwindigkeit und bei Gegenwind auf:

$W_r = 2950$ kg
$W_l = 30$ „
$W_w = 150$ „
$W_s = 100$ „
und $W = 3230$ kg berechnen.

Nach einer Reihe durchgeführter Berechnungen können für die Donauschiffahrt $W_w + W_s$ zusammen, bei Todtwassergeschwindigkeiten von
13 bis 15 km mit 6 bis 7 pCt. von W_r und bei solchen von
16 „ 18 „ „ 8 „ 9 „ „ W_r angenommen werden.

Widerstandsversuche von de Mas auf Flüssen und Kanälen. Im Auftrage der französischen Regierung hat de Mas eine Reihe sorgfältiger praktischer Versuche und Untersuchungen über den Eigenwiderstand der Schiffe durchgeführt und insbesondere bezüglich der im Kanale auftretenden Zugswiderstände werthvolle Grundlagen erforscht.

Die auf der Seine ausgeführten Zugsversuche erstreckten sich auf die Eigenwiderstände für verschiedene Schiffsformen und für Todtwassergeschwindigkeiten von 0,25 m, immer um 0,25 m ansteigend, bis 2,50 m in der Sekunde, sowie für verschiedene Tauchungen von 0,60 bis 1,80 m und wurden in folgende Formel gebracht:

r Eigenwiderstand des Schiffes $= K w v^2$,

in welcher v die Todtwassergeschwindigkeit, w den grössten benetzten Hauptspant und K eine für ein Schiff von bestimmter Form anzuwendende Erfahrungszahl bedeutet.

De Mas bemerkt zu dieser Formel:

Dass der Widerstand nicht gleichmässig mit der Grösse von w zunimmt, sondern in etwas geringerem Verhältnisse,

dass der Widerstand nicht mit dem Quadrate der Geschwindigkeit v, sondern mit einem um etwas grösseren Werth zunimmt und endlich

dass bei einem gegebenen Schiffe das Verhältnis $\frac{r}{w v^2}$ kein feststehendes ist.

Während die Ergebnisse de Mas' bezüglich der Gesammtwiderstände mit jenen im Donaubetriebe gefundenen übereinstimmen, sind die von ihm gemachten Schlussfolgerungen von jenen aus den Donauversuchen gezogenen

Digitized by Google

abweichend. Dies liegt darin, dass die Zugsversuche de Mas' sich nur auf geringe Todtwassergeschwindigkeiten bis 2,50 m in der Sekunde, die Donauzugsversuche jedoch von dieser Grösse aufwärts bis 5 m in der Sekunde ansteigend gründen. Während solcherart de Mas findet, dass der Oberflächen- oder Reibungswiderstand ungefähr nur 33 pCt. des Gesammtwiderstandes beträgt, wurde derselbe in der Donauschiffahrt mit 70 pCt. des Gesammtwiderstandes bestimmt. Es ist dies auch ganz erklärlich, wenn man bedenkt, dass die mit einer bedeutend grösseren Geschwindigkeit längs der Aussenflächen des Schiffskörpers abfliessenden Wassertheilchen auch einen bedeutend grösseren Reibungswiderstand erzeugen müssen.

Demgemäss stimmen auch die übrigen, aus dem Formwiderstand gezogenen Folgerungen mit jenen der Donau nicht überein. Während de Mas die Schiffsform als den auf den Zugswiderstand massgebendst einwirkenden Theilbetrag ansieht und beispielsweise die Löffelform als die günstigste vorschlägt, ergeben die Erfahrungen im Donaubetrieb, dass zwischen der Löffelform und den senkrechten Schleppformen bei Zugsgeschwindigkeiten bis 9 km in der Stunde fast kein Unterschied besteht, bei grösserer Zugsgeschwindigkeit aber die Löffelform infolge ihrer unruhigen Steuerung sogar grössere Widerstände erzeugt (siehe Tabelle Seite 371).

Endlich zieht de Mas die übrigens mit dem Vorhandensein des Oberflächenwiderstandes im Widerspruche stehende Folgerung, dass innerhalb gewisser Schiffslängengrenzen die Länge des Schiffes von keinem Einflusse auf den Gesammtwiderstand sei. Er fand nämlich, dass bei drei Holzschiffen mit gleichen Breiten im Hauptspant und mit möglichst gleichen Vorder- und Hintersteven, jedoch mit verschiedenen Längen von 37,99 m, 30,03 m und 20,55 m bei Geschwindigkeiten von 0,50 m bis 2,50 m in der Sekunde, ganz gleiche Widerstände auftraten.

Die Donauversuche haben dagegen beim Vergleiche der Widerstände ganz gleich geformter Schleppe mit gleichen Hauptspantgrössen und mit gleich grossen benetzten Flächen ergeben, dass der längere Schlepp auch einen grösseren Widerstand als der kürzere ausübt.

Ein Schlepp von 53,9 m Länge hatte im unbeladenen Zustande bei 18 km Todtwassergeschwindigkeit einen Widerstand von 1240 kg, während ein gleich gebauter Schlepp derselben Klasse von 64 m Länge bei gleicher Eintauchung und gleicher benetzter Fläche einen Widerstand von 1340 kg aufwies. Vollbeladen, auf 18 dm getaucht, zeigte der 53,9 m lange Schlepp 1940 kg, der 64 m lange Schlepp unter gleichen Verhältnissen dagegen 2260 kg.

Die von de Mas am Kanal von Burgund ausgeführten Zugsversuche haben das erste Mal ein klares Bild über die im Kanalquerschnitte auftretenden Widerstände gegeben und sind deshalb von ganz besonderer Bedeutung.

Beim Uebergange eines Schiffes aus einem Flusse in das beschränkte Profil eines Kanales nimmt der Zugswiderstand, wie dieses bereits Seite 349 nachgewiesen, beträchtlich zu. Diese von de Mas das erste Mal ziffermässig festgestellten Vergrösserungen der Widerstände sind in folgender Tabelle dargestellt:

Digitized by Google

Tauchtiefen der hölzernen Schiffe	Benetzter Kanalquerschnitt W	Benetzter Schiffsquerschnitt w	$\frac{W}{w}$	Geschwindigkeit = 0,50 m in der Sekunde R	r	$\frac{R}{r}$	Geschwindigkeit = 1,00 m in der Sekunde R	r	$\frac{R}{r}$
	in m²			in kg			in kg		
1,60 m									
Péniche	29,53	8,05	3,67	172	102	1,69	860	301	2,86
Flûte	29,53	8,03	3,68	112	54	2,07	481	162	2,97
Toue	29,53	8,03	3,68	109	44	2,48	463	126	3,67
1,30 m									
Flûte	29,53	6,53	4,52	70	44	1,59	284	143	1,99
Preussisches Schiff	29,53	6,38	4,62	54	22	2,45	215	80	2,69
Margotat	29,53	6,50	4,54	53	21	2,52	197	67	2,94
1,00 m									
Flûte	29,53	5,02	5,88	48	39	1,23	191	129	1,48

R bedeutet den Gesammtwiderstand im Kanal
r „ „ „ „ Flusse

Die Abmessungen der eingetauchten Theile dieser Schiffe sind bei 1,30 m Tauchung (siehe auch die Bilder Seite 236):

	Péniche	Flûte	Toue	Margotat	Preussisches Schiff mit Löffelform
Länge . . . . . in m	38,50	37,90	37,96	38,25	34,50
Breite im Hauptspant . „ „	5,00	5,08	5,05	5,00	4,93
Tiefgang . . . . . „ „	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Völligkeitsgrad	0,990	0,954	0,979	0,903	0,940
Raumgehalt . . . . in cbm	247	238	244	225	230
Verhältnis der Länge zur Breite $\frac{L}{B}$	7,60	7,62	7,62	7,65	7,70

Die Abmessungen der 1600 m langen Versuchsstrecke des Kanales waren:

Sohlenbreite . . . . . 8,30 m
Wasserspiegelbreite . . 18,70 „
Wassertiefe . . . . . 2,19 „

wonach die durchschnittlich benetzte Fläche des Kanalquerprofiles 29,53 m² betrug.

Digitized by Google

Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass bei geringen Zugsgeschwindigkeiten und geringer Tauchung der Widerstand im Kanale nicht bedeutend grösser als jener im Flusse ist, bei grösseren Zugsgeschwindigkeiten und grösseren Tauchungen aber sehr stark zunimmt. Bei 1,00 m Tauchung hatte die Holzform Flüte bei 0,50 m Geschwindigkeit im Flusse einen Eigenwiderstand von 39 kg, im Kanale dagegen 48 kg, bei 1,60 m Tauchung und derselben Geschwindigkeit hatte dieselbe im Flusse 54 kg, im Kanale 112 kg Widerstand und bei dieser Tauchung jedoch 1,00 Geschwindigkeit, im Flusse 162 kg, im Kanale jedoch schon 481 kg. Das löffelförmige preussische Kanalschiff ergab bei 1,30 m Tauchung bei beiden Zugsgeschwindigkeiten im Kanale fast den $2^1/_2$ fachen Widerstand.

Donauzugsversuche. Damit die Erste k.k.pr.Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft die Zugswiderstände der verschiedenen in ihrem Betriebe verwendeten Schleppformen auf den einzelnen Donaustrecken, bei allen Tauchungen und den im Donaubetriebe üblichen Zugsgeschwindigkeiten erkenne und an der Hand dieser Erfahrung eine einheitliche wirthschaftliche Schleppform für alle Strecken bauen könne, hat sie im Jahre 1895 Zugswiderstandsproben in grossem Massstabe ausführen lassen. Dieselben erstreckten sich auf fast alle im Donauverkehre in Verwendung stehenden Schleppformen von 200, 320, 350, 380, 420, 450, 580, 650, 700 und 820 t Tragfähigkeit.

Zu den Versuchen wurden die von de Mas angewendeten Instrumente von Richard Frères in Paris und zwar zwei hydraulische Dynamometer für 3 und 10 t Beanspruchung, drei selbstzeichnende Manometer für 1, 3 und 10 t, sowie ein Stromflügel mit elektrischer Selbstzeichnungsvorrichtung benützt, welche den Verhältnissen der Donauschiffahrt entsprechend, auf einem Raddampfer von 600 i. HP., 62,00 m Länge, 7,30 m Schiffskörperbreite, 2,70 m Höhe und 1,10 m Tiefgang angebracht wurden. Die Drei-Cylindermaschine des Dampfers mit drei Kurbeln unter je 120 Grad, ermöglichte bei geringster und bei grösster Maschinenleistung einen stets gleichmässigen und ruhigen Zug.

Die Versuche wurden auf einer 5 km langen geraden, mit Kilometerzeichen ausgesteckten Stromstrecke oberhalb Budapest während einer Zeit vorgenommen, in welcher der Wasserstand nahezu unveränderlich, im Beharrungszustande war, daher sich auf der Versuchsstrecke annähernd gleichbleibende Querprofile von einer mittleren Breite von 200 m und einer mittleren Tiefe von 3 m ergaben.

Die Zahl der derart mit 27 eisernen und 2 hölzernen Schleppformen durchgeführten Versuche belief sich auf 286. Bei jedem Schleppe wurde der Zug gewöhnlich mit grösster Eintauchung begonnen, die Ladung sodann auf die Hälfte oder ein Drittel vermindert und schliesslich der Schlepp in nicht beladenem Zustande gezogen. In allen diesen Zuständen wurden verschiedene Geschwindigkeiten von 7 bis 18 km Todtwassergeschwindigkeit in der Stunde angewendet. Die Stromgeschwindigkeit und mit dieser die Todtwassergeschwindigkeit des Schiffes bestimmte und überwachte man fortlaufend und ergab sich auf der Versuchsstrecke eine mittlere Stromgeschwindigkeit von 3,8 km in der Stunde. Endlich wurde die Maschinenleistung für jeden Zug durch Indicirung bestimmt, der Einfluss des Windes berücksichtigt, bei starkem Winde die Versuche aber gänzlich unterbrochen.

Digitized by Google

Donauformel. Nachdem für jede Schleppform bei gleicher Tauchung vier bis sechs Zugsversuche durchgeführt wurden, konnte aus diesen ein genauer mittlerer Widerstandswerth berechnet werden, mit welchem sodann für jede Schleppform eine Widerstands-Parabel ermittelt wurde.

Der Widerstand wurde bei der Berechnung als parabolische Funktion der Todtwassergeschwindigkeit angenommen, nach der Formel

$$W = \frac{1}{2p} \cdot v^n, \text{ worin}$$

W den Widerstand in kg,
p den Parameter der Parabel,
v die Todtwassergeschwindigkeit und
n den Grad der Parabel bedeutet.

n wurde nacheinander gleich 2, 2,25, 2,50, 2,75 und 3,00 gesetzt und damit die Konstante $\frac{1}{2p}$ nach der Theorie der kleinsten Quadrate berechnet, wobei es zeigte sich, dass der Werth

$$n = 2{,}25$$

den Versuchsergebnissen am besten entspricht, d. h. dass innerhalb der Grenzen von 8 bis 18 km Todtwassergeschwindigkeit in der Stunde der Zugswiderstand am entsprechendsten durch die Formel

$$W = \frac{1}{2p} \cdot v^{2{,}25}$$

ausgedrückt werden kann.

Für einen 350 Tonnenschlepp (siehe Tabelle Seite 365) berechnet sich die Grösse $\frac{1}{2p}$

bei 1,80 m Tauchung = 2,90
„ 1,40 „ „ = 2,50
„ 1,00 „ „ = 2,09
und unbeladen „ 0,40 „ „ = 1,80

und hiernach die Widerstandswerthe beispielsweise für die grösste Todtwassergeschwindigkeit auf der Kataraktenstrecke von 18 km in der Stunde

bei 1,80 m Tauchung mit W = 1900 kg
„ 1,40 „ „ „ „ = 1700 „
„ 1,00 „ „ „ „ = 1450 „
und unbeladen „ 0,40 „ „ „ „ = 1220 „

Die gleiche Rechnung wurde für alle in Erprobung gestandenen Schleppformen durchgeführt und hat das Ergebnis geliefert, dass bei den im Donaubetriebe üblichen Schleppformen und den in demselben auftretenden Todtwassergeschwindigkeiten die oben angeführte einfache Donauformel den in der Wirklichkeit ermittelten Eigenwiderständen entspricht.

Wenn zum Zwecke der Werthprüfung dieser Donauformel die Ergebnisse derselben mit den nach den Formeln von Riehn und Rauchfuss berechneten verglichen werden, so ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede:

Digitized by Google

Zugswiderstand in kg des 670 Tonnenschleppes bei	9 km	13 km	18 km Todtwassergeschwindigkeit
nach Riehn	741	1713	3428
„ Rauchfuss	—	—	3230
„ der Donauformel	658	1505	3130

Die Formeln von Riehn und Rauchfuss geben offenbar deshalb höhere Werthe, weil in denselben die durch Wellen und Wirbelbildungen auftretenden Widerstandswerthe enthalten sind, welche bei den Zugsproben der Donauschiffahrt nur in sehr geringem Masse in den ermittelten Zugswiderständen zum Ausdrucke gelangten.

Widerstände einiger Donauschleppe. Folgende Tabelle enthält die Zugswiderstände einiger im Betriebe der Ersten k. k. priv. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft verwendeten Schlepptypen. Bild 239 zeigt deren Widerstandskurven.

Digitized by Google

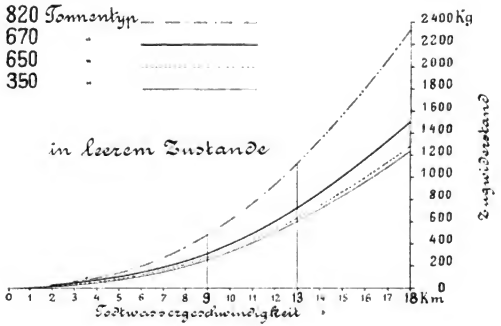
Abmessungen der Schleppkörper in m und deren Zugswiderstände in kg	820 Tonnenschlepp bei einer Tauchung von				670 Tonnenschlepp bei einer Tauchung von				650 Tonnenschlepp bei einer Tauchung von				350 Tonnenschlepp bei einer Tauchung von			
	unbeladen	beladen mit			unbeladen	beladen mit			unbeladen	beladen mit			unbeladen	beladen mit		
		283,4	473,3	666,5		277,2	452,5	630,1		222,0	375,6	532,4		120,3	224,8	332,4
		Tonnen				Tonnen				Tonnen				Tonnen		
	3,80 dm	10 dm	14 dm	18 dm	3,50 dm	10 dm	14 dm	18 dm	4,0 dm	10 dm	14 dm	18 dm	4,0 dm	10 dm	14 dm	18 dm
Eingetauchte Länge des Körpers in m	60,20	60,50	60,96	60,96	62,60	62,90	62,95	63,00	57,25	57,55	57,60	57,63	53	53,5	53,6	53,7
Breite im Hauptspant in m	9,14	9,14	9,14	9,14	8,20	8,20	8,20	8,20	7,90	8,00	8,00	8,00	6,4	6,5	6,5	6,5
Völligkeitsgrad	0,72	0,80	0,81	0,82	0,72	0,79	0,81	0,82	0,68	0,74	0,76	0,81	0,55	0,65	0,68	0,71
Raumgehalt in m³ (Deplacement)	151	436	625	816	130	407	582	760	124	346	502	656	88	220	330	440
Eingetauchte Hauptspantfläche in m²	3,20	8,80	12,50	16,10	2,60	7,80	11,20	14,50	3,00	7,60	10,80	14,00	2,8	6,0	8,7	11,3
Benetzte Gesammtoberfläche in m²	450	536	590	640	432	520	570	618	366	450	500	550	258	324	367	408
Gesammtwiderstand bei einer Todtwassergeschwindigkeit von																
9 km in der Stunde	190	608	699	769	316	484	540	658	280	418	474	586	261	313	365	386
13 „ „ „ „	1120	1390	1598	1759	722	1107	1236	1505	615	956	1085	1341	597	716	834	883
18 „ „ „ „	2329	2819	3323	3655	1500	2300	2570	3130	1280	1989	2256	2790	1220	1150	1700	1900

Digitized by Google

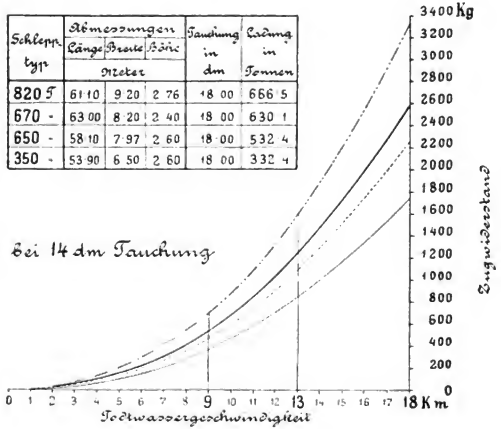
Widerstands-

(Parabeln der

für die 820, 670, 650 und 350 Tonnenschleppe, in unbeladenem



Schlepp-typ	Abmessungen Länge	Breite	Höhe	Tauchung in dm	Ladung in Tonnen
	Meter				
820 T	61·10	9·20	2·76	18·00	666·5
670 -	63·00	8·20	2·40	18·00	630·1
650 -	58·10	7·97	2·60	18·00	532·4
350 -	53·90	6·50	2·60	18·00	332·4



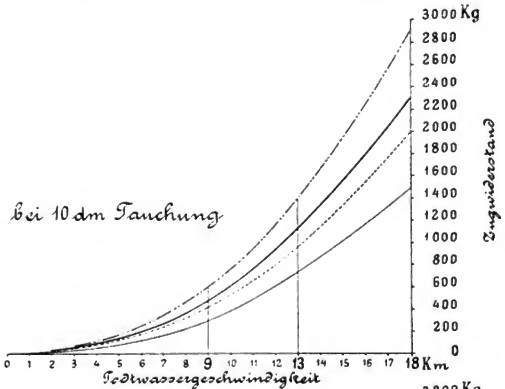
Bild

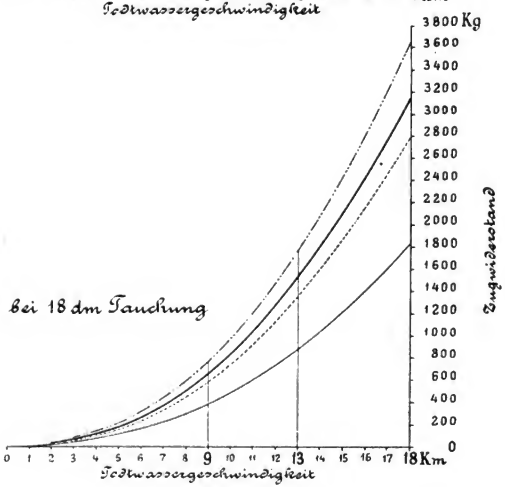
Digitized by Google

Kurven

2.25 Potenz)

Zustande und bei 1.00 m, 1.40 m und 1.80 m Tauchung.





239.

Wirthschaftlichster Donauschlepptyp. Diese Widerstandswerthe zeigen, dass der vor zwei Jahren im Donaubetriebe eingeführte 670 Tonnenschlepp, gegenüber allen übrigen Typen, bei gleichen Tauchungen sich pro Tonne Ladung am wirthschaftlichsten stellt.

Während zum Zuge einer Tonne Ladung mit dem 670 Tonnenschlepp, wenn derselbe auf 1,80 getaucht ist,

bei 9 km Todtwassergeschwindigkeit 1,04 kg
„ 13 „ „ 2,39 „
„ 18 „ „ 4,97 „

nothwendig sind, erfordert unter den gleichen Tauchungsverhältnissen der Zug einer Tonne

beim 820 Tonnenschlepp	bei 9 km	Todtwassergeschwindigkeit	1,15 kg
	„ 13 „	„	2,64 „
	„ 18 „	„	5,48 „
beim 650 Tonnenschlepp	„ 9 „	„	1,10 „
	„ 13 „	„	2,52 „
	„ 18 „	„	5,24 „
und beim 350 Tonnenschlepp	„ 9 „	„	1,16 „
	„ 13 „	„	2,66 „
	„ 18 „	„	5,52 „

Noch günstiger stellen sich die Zugswiderstände des 670 Tonnenschleppes bei den übrigen Tauchungsgrössen, wie dieses die umstehende Zusammenstellung zeigt.

Der ausserordentlich günstige Einfluss entsprechender Schiffsformen auf den Schleppzug bezw. auf die Zugskosten geht aus obigen Darstellungen klar hervor. Wenn ein Schiffahrtsbetrieb über Schleppe verfügt, welche bei ungünstigen Wasserständen noch eine Ladung von 400 Tonnen zulassen, und dabei einen verhältnismässig geringen Zugswiderstand ergeben, so erscheint dessen Wirthschaftlichkeit vom betriebstechnischen Standpunkte aus gesichert.

Einfluss der Schiffsform auf den Gesammtwiderstand. Aus den auf der Donau durchgeführten Zugsversuchen ergeben sich folgende auf den Zug mit Donauschlepptypen anzuwendende Schlüsse:

Der Einfluss der Schiffsform auf den Gesammtwiderstand ist im Verhältnis zum Zugswiderstand, welcher sich durch die Reibung des Wassers an der benetzten Schiffsoberfläche ergiebt, ein geringer. Den Gesammtwiderstand mit 100 pCt. angenommen, beträgt der Zugswiderstand, welcher durch die Schiffsform entsteht, je nach dem der Schlepp schärfer oder voller gebaut ist, 7 pCt. bis 30 pCt. des Gesammtwiderstandes.

Dabei ist ausdrücklich zu bemerken, dass hier nur jener Widerstand der Schiffsform in Rechnung gezogen ist, welcher sich bei vollständig geradem Zuge gegen die Strömung ergiebt, mithin bei einem Zuge, während welchem die Stromfäden parallel der Längsrichtung des gezogenen Schleppes abfliessen. Kommt aber der Schlepp während des Zuges in eine Querlage zum Stromstrich, so tritt ein anderer und grösserer Formwiderstand auf. Es muss in diesem Falle ausser dem ursprünglichen Formwiderstand auch noch jener Wider-

Digitized by Google

Schleppform	Ladung Tonnen	Tauchung in dm	Zugswiderstand ($W = \frac{1}{2p} \cdot v^{2,25}$) in Kilogramm bei 9 Kilometer Todtwassergeschwindigkeit		13 Kilometer Todtwassergeschwindigkeit		18 Kilometer Todtwassergeschwindigkeit	
			zusammen	für eine Tonne Ladung	zusammen	für eine Tonne Ladung	zusammen	für eine Tonne Ladung
820 t	leer	3,80	490	—	1120	—	2329	—
	283,4	10,00	608	2,15	1390	4,90	2889	10,19
	473,3	14,00	699	1,48	1598	3,38	3323	7,02
	666,5	18,00	769	1,15	1759	2,64	3655	5,48
670 t	leer	3,50	316	—	722	—	1500	—
	277,2	10,00	484	1,75	1107	3,99	2300	8,30
	452,5	14,00	540	1,19	1236	2,73	2570	5,68
	630,1	18,00	658	1,04	1505	2,39	3130	4,97
650 t	leer	4,00	290	—	615	—	1280	—
	222,0	10,00	418	1,88	956	4,31	1989	8,96
	375,6	14,00	474	1,26	1085	2,89	2256	6,01
	532,4	18,00	586	1,10	1341	2,52	2790	5,24
350 t	leer	4,00	261	—	597	—	1241	—
	120,3	10,00	313	2,60	716	5,95	1488	12,37
	224,8	14,00	365	1,62	834	3,71	1735	7,72
	332,4	18,00	386	1,16	883	2,66	1835	5,52

stand überwunden werden, welcher gleich ist dem Drucke des Wassers auf die Projektion der Langseite des Schleppes und auf die Fläche des Steuerruders.

Der Einfluss der Schiffsform auf den Zugswiderstand ist demnach nur insolange als gering zu bezeichnen, als man im Stande ist, den gezogenen Schlepp parallel zum Stromstriche zu erhalten, was bei Schleppen mit guter Steuerfähigkeit und entsprechender Steuerungsvorrichtung innerhalb gewisser Geschwindigkeitsgrenzen immer erreichbar ist. Schleppe, welche sich jedoch schwer steuern lassen, verlieren bei grösserer Todtwassergeschwindigkeit ihre Steuerfähigkeit, können parallel zum Stromstriche nicht erhalten werden und ergeben sodann den erwähnten höheren Formwiderstand.

Bei vielen im Donauverkehre üblichen Schleppen ist deshalb wahrzunehmen, dass bei wachsender Todtwassergeschwindigkeit der Widerstand derselben sehr stark zunimmt. Diese Erscheinung ist zum grossen Theil der mit wachsender Geschwindigkeit abnehmenden Steuerfähigkeit zuzuschreiben.

So wurde ein 650 Tonnenschlepp mit 57,65 m Länge, 8,00 m Breite und 0,81 Völligkeit mit zwei anderen Formen von gleichfalls je 600 Tonnen Tragfähigkeit, welche die gleich grosse benetzte Fläche

Digitized by Google

wie der 650 Tonnenschlepp hatten, auf den Zugswiderstand geprüft und gefunden, dass einer dieser Schleppe, mit 53,00 m Länge 8,40 m Breite und 0,82 Völligkeit,

bei 9 km in der Stunde Geschwindigkeit um 12,3 pCt.
„ 12 „ „ „ „ „ „ 15,7 „
„ 15 „ „ „ „ „ „ 27,3 „

der zweite etwas voller gebaute Schlepp, mit 51,80 m Länge, 8,40 m Breite und 0,85 Völligkeit,

bei 9 km in der Stunde Geschwindigkeit um 15,3 pCt.
„ 12 „ „ „ „ „ „ 23,2 „
„ 15 „ „ „ „ „ „ 52,3 „

mehr Widerstand als der 650 Tonnenschlepp boten.

Diese plötzliche Zunahme des Widerstandes war nicht allein dem Formenunterschied dieser beiden Schleppe gegenüber dem 650 Tonnenschlepp, sondern hauptsächlich der ungünstigeren Steuerfähigkeit derselben zuzuschreiben.

Zu berücksichtigen ist auch, dass beim Zug mittels Raddampfer die von den Schaufeln erzeugten Wellen einen, zwar nicht bedeutenden, Einfluss auf den gegen diese Wellen gezogenen Schlepp ausüben.

Im Allgemeinen sind die Unterschiede der Zugswiderstände der verschiedenen Donauformen bei gleich grosser benetzter Oberfläche nicht bedeutend.

Wenn grundverschieden geformte Typen, beispielsweise ein mit senkrechten Bordflächen gebauter 350 Tonnenschlepp mit einem löffelförmig gebauten 320 Tonnenschlepp (siehe Bild 202, Seite 305) bei Tauchungen, in welchen die benetzten Aussenflächen beider gleich sind, miteinander verglichen werden (siehe nebenstehende Tabelle), so ergiebt sich bis zu einer Geschwindigkeit von 7 bis 9 km in der Stunde nur ein geringer und erst bei Geschwindigkeiten von über 9 km ein erheblicher Unterschied. Die Tabellenziffern zeigen auch, dass die „Löffelform", welche von vielen Fachleuten als eine besonders günstige, den geringsten Widerstand bietende Schiffsform empfohlen wird, bei grösseren Geschwindigkeiten einen grösseren Widerstand, als der nicht löffelförmig gebaute Schlepptyp aufweist. Bei den 18 km Todtwassergeschwindigkeit der Kataraktenstrecke der Donau beträgt dieser Mehrwiderstand des vollbeladenen Löffelschleppes 520 kg, welcher aber zum grossen Theile auf den Mangel an Steuerfähigkeit des Löffelschleppes bei dieser grossen Geschwindigkeit zurückzuführen ist.

Bei Geschwindigkeiten von unter 5 km, wie solche in Kanälen angewendet werden, mag sich der Widerstand der Löffelform übrigens immerhin günstiger stellen und deren Anwendung in Kanälen daher wirtschaftlich sein.

Einfluss der benetzten Schiffsoberfläche auf den Gesammtwiderstand. Die Beschaffenheit der Oberfläche eines Schiffes ist von weit grösserem Einfluss auf den Gesammtwiderstand als der Einfluss der Schiffsform auf denselben, und vergrössert bei den in der Donauschiffahrt üblichen Typen und Geschwindigkeiten den Gesammtwiderstand des Schiffes ganz bedeutend.

Digitized by Google

Todtwasser-geschwindigkeit in der Stunde	Benetzte Fläche in m²	Zugswiderstand in Kilogramm	
		des 350 Tonnen-schleppes mit vom Bug und Achter senkrecht ansteigen-den Flächen	des 320 Tonnen-schleppes mit löffel-förmigen Bug- und Achterenden
7 km	260 unbeladen	140	150
	400 vollbeladen	230	230
9 km	260 unbeladen	260	280
	400 vollbeladen	420	490
13 km	260 unbeladen	590	620
	400 vollbeladen	930	1080
18 km	260 unbeladen	1220	1340
	400 vollbeladen	1900	2420*)

Zur Feststellung dieses Einflusses wurden zwei 650 Tonnenschleppe ganz gleicher Bauart, jedoch von verschiedenem Alter erprobt und wurde bei dem nur um 5 Jahre älteren Schleppe

bei 4 dm. Tiefgang ein um 14.0 pCt.
„ 9,5 „ „ „ „ 12,2 „
„ 14,5 „ „ „ „ 6,1 „

grösserer Widerstand gefunden.

Weitere Versuche wurden mit Schleppen von 220 Tonnen Tragvermögen mit glatten Oberflächen und mit künstlich durch Anstreichen mit Pech und Anwurf von Schotter rauh gemachten Oberflächen gemacht und gefunden, dass letztere einen um 27 pCt. grösseren Zugwiderstand als die glatten Aussenflächen erzeugen.

Desgleichen wurden mit hölzernen und eisernen Schiffen von gleicher Tragfähigkeit Zugversuche gemacht, welche ergaben, dass die Verwendung von hölzernen Fahrzeugen für den Schiffahrtsbetrieb höchst unwirthschaftlich ist. So wurde ein neuerbautes hölzernes Ruderschiff von 40,7 m Länge und 7,8 m Breite mit einem gleich grossen eisernen Schlepp verglichen und gefunden, dass das Holzschiff unbeladen bei 4,5 dm Tiefgang, obwohl die benetzte Ober-

*) Unruhige Steuerung.

Digitized by Google

fläche desselben um 10 pCt. kleiner als die des Eisenschleppes war, dennoch einen Mehrwiderstand von 33 pCt. ergab und dass im beladenen Zustande bei 16 dm Tiefgang der Widerstand sogar um 89 pCt. grösser war, als beim Eisenschlepp mit 18 dm Tauchung.

Ein grösseres Holzschiff von 53 m Länge und 8,36 m Breite wurde mit einer Ladung von 450 Tonnen und einem Tiefgange von 18 dm mit einem Eisenschleppe mit gleicher Ladung und 16 dm Tiefgang verglichen und lieferte einen um 94 pCt. grösseren Zugwiderstand.

Man kann somit für den praktischen Betrieb annehmen, dass ein Holzschiff nahezu den doppelten Widerstand wie ein Eisenschiff bei gleicher Tragfähigkeit hat, dass somit die Zugskosten für ein Tonnenkilometer bei einem Holzschiff fast zweimal so gross, als beim Eisenschiffe sind. Eine dringende Warnung, die hölzernen Schiffe aus der Binnenschiffahrt sobald als nur möglich zu entfernen. Dabei ist es ziemlich nebensächlich, welche Gattung und welche Formen von Holzschiffen verwendet werden, weil der Einfluss der Form auf den Gesammtwiderstand, wie oben nachgewiesen, bei den in der Fluss- und Kanalschiffahrt üblichen geringen Zugsgeschwindigkeiten nicht bedeutend ist. Von diesem Standpunkte aus ist auch die Verwendung von Eisenschleppen mit Holzboden unwirthschaftlich.

Durch zweckmässige Bauformen wird bei einem oder dem anderen Holzschiff der Formwiderstand verringert werden können, immerhin wird man aber bei dem bestgebauten Holzschiff noch immer mit einem weit grösseren Oberflächenwiderstand als beim Eisenschiffe mit gleicher Tragfähigkeit zu rechnen haben.

Dieses Ergebnis der Zugsproben der hölzernen Schiffe wird übrigens im Donaubetriebe durch die Erfahrung seit Jahren bestätigt. Es ist ein alter Erfahrungssatz, dass ein Zugdampfer mit 4 grossen Holzschiffen die gleiche Zeit und die gleiche Kohle wie mit 7 eisernen Schleppen braucht und mit letzteren viel mehr Nutzlast befördert.

Einen besonders grossen Oberflächenwiderstand gegen den Zug üben die alten, am Boden bürstenartig ausgefaserten Holzschiffe aus.

Digitized by Google

12. Abschnitt.

Schleppzug auf Flüssen und Strömen.

a) Allgemeine Erfordernisse für einen wirthschaftlichen Schleppzug auf Flüssen.

Wirthschaftliche Fahrmittel. Die Wirthschaftlichkeit eines Schleppzuges auf Flüssen und Strömen hängt in erster Linie von der Verfassung des Wasserlaufes, der Stromgeschwindigkeit und den Abmessungen der Fahrstrasse ab. Letztere gestalten sich zwar zeitweilig, mit zunehmendem Wasserstande für die Schiffahrt günstiger, jedoch müssen die Fahrmittel, um einen ungestörten Betrieb unter allen Umständen zu ermöglichen, nahezu den Abmessungen des Niederwasserbettes angepasst werden, was zur Folge hat, dass die Betriebsmittel der Binnenschiffahrt die vom wirthschaftlichen Standpunkte aus nothwendige Grösse nur in seltenen Fällen erhalten können.

In der unbegrenzten Fahrstrasse der Seeschiffahrt sind dagegen die Abmessungen der Betriebsmittel nur von schiffbaulichen Umständen abhängig, können daher entsprechend gross genommen werden, wodurch die Seeschiffe mit ihren oft gewaltigen Tonnengehalten, sowie ihren weiten Beförderungsentfernungen in Bezug auf Leistungsfähigkeit und Billigkeit die Binnenschifffahrtsgefässe weit überragen und die wirthschaftlichsten aller bestehenden Verkehrsmittel darstellen. Die hohe Wirthschaftlichkeit der Seeschifffahrt drückt sich in den Selbstkosten derselben aus. Während die Seeschifffahrt noch mit unter 0,10 Heller für das Tonnenkilometer ihr Auslangen findet, kann der bestgeregelte, billigste Schleppzug einer Binnenwasserstrasse das Tonnenkilometer nicht unter 0,20 Heller leisten.

Der Flussschiffahrtsbetrieb ist im Allgemeinen auch schwieriger als der Betrieb zur See, welcher nur durch zwei, allerdings schwerwiegende Umstände, die Folgen von Sturm und Wellenschlag, sowie die Erschwernisse, die sich oft durch die grossen Beförderungsentfernungen ergeben, nachtheilig beeinflusst werden kann.

Die ungünstigeren Verhältnisse der Flussschiffahrt können durch entsprechende Stromverbesserungen, insbesondere durch die Regulirung für Niederwasser wesentlich gebessert werden, jedoch hat es der Schiffer auch selbst in der Hand, seinen Betrieb wirthschaftlich zu gestalten. Der Binnenschiffer hat in dieser Richtung bisher nicht alles gethan. Er erwartet eine Besserung seiner Verhältnisse zumeist nur von der Regulirung der Flüsse oder mit anderem Worte vom Flussbau und der Staatsverwaltung, er selbst aber trägt im grossen Ganzen wenig dazu bei, seine Betriebskosten durch zweckentsprechende Ausgestaltung der Fahrmittel und des Betriebes herabzumindern. Man findet heute noch in der Flussschiffahrt Fahrmittel, wie sie in

Digitized by Google

den ersten Anfängen der Dampfschiffahrt üblich waren. Es genügt der Hinweis auf die altehrwürdigen hölzernen Ruderschiffe der Donau mit ihren plumpen Formen, auf die zahlreichen hölzernen Elbe- und Oderkähne mit ihren schwerfälligen Steuerungen, auf die breiten Lastschiffe der Wolga und auf die grosse Anzahl unwirthschaftlicher Flussdampfer auf fast allen Strömen.

Die Ursache, warum besonders im Schleppbau allgemein noch keine durchgreifende Verbesserung wahrzunehmen ist, findet ihre Erklärung dadurch, dass mit Rücksicht auf die verhältnismässig geringen Beanspruchungen, denen die Schleppe ausgesetzt sind, es oft glückt, dass auch schlecht und durchaus unkonstruktiv gebaute Fahrzeuge längere Zeit hindurch doch eine gewisse Lebensdauer erreichen und dem kleinen Rheder einen Nutzen abwerfen. Ein durchgreifender Fortschritt in der Bauweise der Frachtkähne wird erst dann eintreten, wenn von den Dampferbesitzern für den Schleppzug die Gebühren nicht, wie heute üblich, nach der Grösse oder nach der Tonne Ladung, sondern nach dem ermittelten Schleppwiderstand bei den verschiedenen Eintauchungen gefordert werden würden.

Erst in neuerer Zeit macht sich in den Betriebsmitteln der Binnenschifffahrt ein grösserer technischer Fortschritt bemerkbar. Durch eine technische Vervollkommnung derselben und deren Anpassung an die vorhandenen Abmessungen der Fahrbahn kann aber der Betrieb um vieles wirthschaftlicher gestaltet werden.

Von welchem Einflusse zeitgemäss gebaute Fahrmittel auf die Betriebskosten sind, wird schlagend durch die Erfahrungen der Donauschiffahrt nachgewiesen. Man kann annehmen, dass sich in den letzten zehn Jahren die Zugskosten derselben durch Erbauung neuer, mit allen betriebstechnischen Behelfen ausgerüsteter Zugdampfer und eiserner Schleppe mit grossem Tragvermögen bei verhältnismässig geringem Eigengewichte und geringem Widerstande gegen den Zug um $^1/_3$ gegen früher verringert haben. Dabei ist die unterste Grenze der Zugskosten noch nicht erreicht. Durch Einführung entsprechender mechanischer Steuerungsvorrichtungen auf den Schleppen, durch Ausscheidung der noch vorhandenen kleineren Schlepptypen und aller Holzschiffe, durch Auflassung älterer Maschinenanlagen und endlich durch Ausgestaltung der Propeller können die Zugskosten noch weiter herabgemindert werden.

Leichte Bauart der Schiffsgefässe. Von ganz besonderer Bedeutung ist aber eine streng nach den Grundzügen der Festigkeitslehre vorgenommene richtige Materialvertheilung im Körper für Fluss- und Kanalschleppe. Gerade bei den Binnenschiffen kommt es darauf an, innerhalb noch wirthschaftlicher Bauformen, in allerschärfster Weise die vorhandenen Abmessungen voll auszunutzen und das Schiffsgefäss so leicht wie nur möglich zu bauen, um auf diese Weise die grösste Ladefähigkeit bei geringstem Eigengewichte zu erhalten. Die Grenze für die Leichtigkeit ist allerdings durch die Festigkeit des Schiffes bedingt. Welcher Fortschritt jedoch auf diesem Gebiete noch möglich ist, beweisen die grossen neuen Eisenbahnbrücken, deren Bau die möglichste Leichtigkeit bei grösster Spannweite aufweist. Diese Gesichtspunkte, welche sich beim Brückenbau in so hervorragender Weise bemerkbar machen, müssen daher auch auf den Flussschiffbau übertragen werden.

Digitized by Google

Im Seeschiffbau ist man in dieser Beziehung sehr vorgeschritten, obwohl beim Seeschiffe, besonders in den Längsverbänden, sehr starke Beanspruchungen dadurch eintreten, dass bei bewegter See einmal der Schiffskörper mit seinen Enden auf den Wellenbergen liegt und in der Mitte über dem Wellenthal fast frei schwebt und umgekehrt wieder in seiner Mitte am Wellenberge zu ruhen kommt und seine Enden frei schweben (Bild 240). Ein Flussschiff wird dagegen in der Fahrt unwesentlich und bezüglich seiner Längsverbände nur dann stärker in Anspruch genommen, wenn die Ein- und Ausladung nicht gleichmässig in oder aus allen seinen Abtheilungen geschieht, sondern die einzelnen Ladeabtheilungen nacheinander voll beladen oder entleert werden.

Die neueren eisernen Donauschleppe und Dampfer haben, um den Körper gegen Biegungen der Länge nach unempfindlicher zu machen, einen oder zwei von vorne bis rückwärts im Boden durchlaufende Längsträger. Bei längeren Dampferkörpern sind diese Längsversteifungen schon deshalb nothwendig, weil der Schiffskörper durch die von der Maschine während der Fahrt in Bewegung gesetzten Massen in Schwingungen gebracht wird. Bei jeder Umdrehung der Maschine erfährt nämlich das dieselbe tragende Fundament einen Stoss, wodurch dieses und der ganze Körper der Länge nach wie ein elastischer Stab in Schwingungen geräth und eine Reihe von Schwingungsknoten entstehen. Wenn nun die Maschine nicht gerade über einem dieser Knotenpunkte liegt und deren Umdrehungszahl und Stösse mit der Schwingungszahl des Schiffskörpers nicht zusammenfallen, so entstehen je nach dem Gange der Maschine stärkere oder schwächere Längsbewegungen im Körper, welche denselben unter Umständen ungünstig beanspruchen. Ausser der Körperlängsversteifung müssen deshalb bestimmte Maschinenbestandtheile noch durch Gegengewichte ausgeglichen werden, welche die Stösse der Maschine zum Theile aufzunehmen haben.

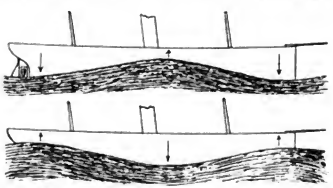


Bild 240.

Vorzug des Eisens und Nachtheil des Holzes im Schiffbau. Das grösste Uebel im Bau der Flussschleppe liegt jedoch, wie schon erwähnt, in der althergebrachten Verwendung des Holzes, wodurch ein wesentlicher Fortschritt in demselben von vornherein ausgeschlossen ist und die Zugskosten eine unwirthschaftliche Höhe erreichen, weil die Holzkörper nahezu den doppelten Zugswiderstand wie Eisenkörper gleichen Tonnengehaltes geben (siehe Abschnitt 11).

Der Vorzug des Eisens im Schiffbau ist unzweifelhaft. Dessen Ueberlegenheit gegenüber dem Holze ergiebt sich schon dadurch, dass die Festigkeit des Eisens nach jeder Richtung hin nahezu gleich ist, wogegen das Holz nur in der Längsrichtung der Faser eine grössere Festigkeit besitzt. Dieser Vorzug, sowie die Biegsamkeit und Dehnbarkeit des Eisens gestattet,

Digitized by Google

dasselbe in solche Formen zu bringen, wie sie zur Erzielung einer möglichst starken Verbindung der einzelnen Theile am zweckmässigsten sind.

Auf diese Art ergeben sich Bauweisen, welche eine viel vortheilhaftere Ausnutzung der Festigkeit des Materials zulassen, als dies bei Holz der Fall ist. Die Verbindung der einzelnen Theile eines eisernen Schiffes durch Nieten kann derart hergestellt werden, dass die Festigkeit der Verbindungsstelle nahezu derjenigen der verbundenen Theile selbst entspricht, was bei einem hölzernen Schiffe auch nicht annähernd erreichbar ist. In diesem Umstande liegt in erster Linie die Ursache, dass eiserne Schiffe ein geringeres Eigengewicht besitzen als hölzerne von gleichen Abmessungen, obgleich ein Stab aus Eichenholz im Vergleich mit einem gleich geformten aus Eisen von gleicher Festigkeit ein wesentlich geringeres Gewicht besitzt. Wenn man sich weiters vergegenwärtigt, dass die einzelnen Planken in der Aussenhaut eines hölzernen Schiffes in ihren Stossfugen gar nicht miteinander verbunden sind, an diesen Stellen also auch gar keine Widerstandsfähigkeit gegen Zug haben, so wird man begreifen, wie sehr ein eisernes Schiff, bei dem alle Stösse der Platten fest durch Nietung miteinander verbunden sind, einem hölzernen überlegen ist.

Das Mindergewicht eines eisernen Schiffskörpers beträgt ungefähr bis 25 pCt. von dem Gewicht eines gleich grossen hölzernen Schiffes. Diese erhebliche Ersparnis am Eigengewicht kommt der Tragfähigkeit zu gute. In kaufmännischer Beziehung ist dieser Umstand von so grosser Bedeutung, dass er allein schon für die Wahl des Eisens an Stelle des Holzes massgebend sein sollte.

Endlich muss die grössere Dauerhaftigkeit der Eisenschiffe gegenüber den hölzernen in Betracht gezogen werden. Die eisernen Schiffe sind bei entsprechender Behandlung* im Dienste während langer Zeit nur einer geringen Abnützung ausgesetzt, dagegen unterliegen die hölzernen, selbst wenn sie aus ausgesuchtem und trockenstem Holze erbaut sind, in der Regel einem schnellen Verfalle. Ausser in der Festigkeit der Eisenverbände liegt dieses darin, dass Holz leicht zur Fäulnis kommt, wodurch ein allmähliges Lockern der Verbindungen eintritt. Besonders schädlich ist die Schwammbildung zwischen den aufeinander liegenden Bauhölzern.

Für den Bau grosser Seedampfer kommt übrigens das Holz als Baumaterial gar nicht mehr in Verwendung, weil es unmöglich sein würde, einem hölzernen Schiffe von grossen Abmessungen die erforderliche Längsfestigkeit zu geben, und nur in der Binnenschiffahrt sieht man noch vielfach Holzbauten entstehen.

Das Verrosten der Bestandtheile eiserner Schiffe ist die einzige Gefahr, gegen welche man dieselben zu schützen hat, weil sie sowohl von innen als auch von aussen immerwährend solchen Einflüssen ausgesetzt sind, welche ein Verrosten befördern. Durch einen sorgfältigen Innenanstrich lässt sich jedoch das Verrosten auf ein sehr geringes Mass beschränken, während eine oftmalige Erneuerung des äusseren Anstriches der eingetauchten Eisenhaut, insbesondere wenn derselbe sehr glatt gestrichen, den grossen Vortheil hat, dass hierdurch der Reibungswiderstand des Schiffes bedeutend verringert wird.

Digitized by Google

Betriebserfordernisse für einen wirthschaftlichen Schleppzug. In den folgenden Absätzen werden nun jene Bedingungen und Erfordernisse aufgestellt, welche der Schiffer selbst zu erfüllen hat, um seine Zugskosten und den Betrieb wirthschaftlich gestalten zu können. Dieselben lassen sich wie folgt zusammenfassen:

b) Volle Ausnutzung der Schiffsmaschine,
c) Vortheilhafte Schleppzugsmanöver,
d) Gute Steuerfähigkeit der Schleppzüge und
e) Richtige Vertauung der Schleppzüge.

Dabei wird nach den bisherigen Ausführungen bedingt, dass mit Rücksicht auf den Oberflächenwiderstand gegen den Zug nur eiserne Schleppkörper im Schleppzuge verwendet werden und dass deren Abmessungen bei geringstem Tiefgange noch ein grosses Tragvermögen zulassen, ferner, dass die Schleppe derart ausgerüstet sind, dass sie auch bei grossen Gehalten von 600 bis 1000 Tonnen noch durch zwei Mann, einen am Steuer und einen für die Anker- und Seilmanöver, bedient werden können und endlich, dass der Zugdampfer den Stromverhältnissen entsprechend eine einfache und kräftige Maschinenanlage und alle technischen Behelfe hat, welche einen geringen Kohlen- und Ausrüstungsverbrauch, sowie einen mässigen Bemannungsstand zulassen.

b) Ausnutzung der Schiffsmaschine.

Leistung der Dampfmaschine. Vor allem wird die volle Ausnutzung der Maschinenkraft des Zugdampfers verlangt, wodurch die Zugskosten am wesentlichsten beeinflusst werden.

Die Leistung jeder Maschine wird bekanntlich mit HP = horse power = 75 mkg, d. i. diejenige Arbeit, welche zum Heben von 75 Kilogramm auf die Höhe von 1 m in einer Sekunde erforderlich ist, ausgedrückt. Nach dieser Einheit werden die nominellen Pferdestärken berechnet, welche Zahl ausser über die Leistung auch noch einen Aufschluss über die Gewichte der Maschine giebt.

Die früheren einfachen Maschinen indizirten ebensoviel als sie nominell leisteten. Durch die Anwendung des hohen Dampfdruckes und durch die Ausnutzung der Expansion des Dampfes in mehreren Cylindern beträgt aber bei einer zeitgemässen Maschinenanlage die Anzahl der indizirten HP viel mehr als die nominelle Leistung, in der Regel das fünffache, weshalb die Maschinenleistung in neuerer Zeit nur durch die indizirten Pferdestärken = i. HP ausgedrückt wird, zu deren Bestimmung der Indikator dient. Derselbe ist ein Instrument mit einem kleinen Dampfcylinder, welcher, mit dem Cylinder der Maschine verbunden, selbstthätig ein Bild, Diagramm, aufzeichnet, das den Dampfdruck im Cylinder im Beginne und am Ende jeder Dampfeinströmung, sowie in jedem Augenblicke des Hubes, ferner die Ausdehnung des Dampfes, die Expansion, die Zusammenpressung des Dampfes im Cylinder, die Kompression und endlich den Austritt des Dampfes zur Anschauung bringt. (Siehe Bild 208, Seite 311.) Die indizirte Leistung stellt somit die Arbeit des Dampfes im Cylinder während jedes Einströmungs- und Expansionszeitraumes weniger des Druckes auf der

Digitized by Google

anderen Seite des Kolbens dar. Diese Arbeit wird durch die Kolben-Pleuelstange und Kurbel auf die Maschinenwelle und auf die auf dieser befestigten Schaufelräder oder Schraube übertragen.

Werden von der indizirten Leistung die Verluste in Folge der Reibungswiderstände im Dampfcylinder, Stopfbüchsen, Lagern, Steuerung, sowie die Arbeitsverluste der Schaufeln oder der Schraubenflächen, welche je nach dem Maschinensysteme und seiner Ausführung 55 bis 70 pCt. der i. HP betragen, abgezogen, so erhält man die eigentliche Nutzarbeit oder die effektive Leistung der Maschine.

Ueberlastung der Schiffsmaschine. Die Ansicht mancher Rheder und Schiffer ist es nun, dass die Maschine eines Zugdampfers durch einen sehr grossen Schleppanhang überlastet, daher gefährdet werden könne. Dieses ist ein Irrthum. Eine Ueberlastung einer Dampfmaschine tritt selbst durch den grösstmöglichen Anhang, also auch bei grösster Belastung derselben, sei es im stromlosen Wasser, sei es mit oder gegen den Strom nicht ein.

Die Belastung der Schiffsmaschine hängt ab von dem Widerstande des Anhanges, welcher wieder abhängig ist von der Anzahl und der Ladung der geschleppten Fahrzeuge, sowie im höchsten Grade von der Stromgeschwindigkeit und von der Geschwindigkeit der Fortbewegung.

Zwischen der Arbeitsleistung einer Schiffsmaschine und jener der meisten anderen Dampfmaschinen ist nun ein wesentlicher Unterschied. Bei letzteren ist der mittlere Widerstand meist im vorhinein gegeben und nur wenig veränderlich; er richtet sich nicht nach dem im Cylinder herrschenden mittleren Druck, letzterer muss sich vielmehr nach ihm richten. Bei den Schiffsmaschinen ist es umgekehrt. Nach dem im Cylinder vorkommenden mittleren Druck richtet sich die Widerstandskraft oder Last und es herrscht stets im Beharrungszustand dynamisches Gleichgewicht. Der Schleppanhang geht eben nicht schneller als es der Kolbendruck, die mittlere Spannung im Dampfcylinder, zulässt.

Wird somit eine bestimmte Schlepplast durch Anhängen eines weiteren Schleppes vergrössert, so nimmt, normale Dampfeinströmung vorausgesetzt, bei der vorhandenen, bereits geringen Kolbengeschwindigkeit die Umdrehungsschnelligkeit noch um weniges ab, was jedoch auf die Maschine von sehr geringem Einflusse ist. Man kann sagen, dass wenn Kesselspannung, Einströmung und Vacuum gegeben sind, die Indikator-Diagramme einer Schiffsmaschine gleich ausfallen, ob das Schiff einen mittleren oder grossen Schleppanhang in Tau hat. Der mittlere Druck für einen Hub wird gleich bleiben und mit ihm nahezu die relative Geschwindigkeit der Schaufeln gegen Wasser. Dabei wird der sich ergebende horizontale Druck in den Achsenlagern des Schiffes auch nicht viel zunehmen. Es tritt eben das ein, was man thatsächlich immer beobachten kann, dass ein grosser Schleppzug langsamer als ein kleiner geht. Die beförderte Last ist wohl grösser, der gesammte Widerstand jedoch dagegen sehr wenig verschieden, weil eben die Geschwindigkeit der Fortbewegung entsprechend abgenommen hat.

Wenn nun bei grösserer Last der Zug entsprechend langsamer geht, so muss, weil wegen des konstant bleibenden mittleren Kolbendruckes auch

Digitized by Google

die Geschwindigkeit der Schaufeln relativ gegen Wasser ziemlich konstant bleibt, die Schaufelgeschwindigkeit und damit die Umdrehungszahl in der Minute abnehmen. Dies ist die einzige Ursache, warum bei grösserem Schleppanhang die Kurbelumdrehungen in der Minute geringer sind, als bei kleinerem.

Maschinenleistung in stromlosem Wasser. Wenn man die Leistung eines Zugdampfers in stromlosem Wasser verfolgt, so ergiebt sich Folgendes:

Ein Dampfer mit 4 Schleppen macht 20 Umdrehungen in der Minute. Die Schaufeln haben daher bei einem Radumfange von 15,24 m an ihrem tiefsten Punkte eine horizontale Geschwindigkeit von $20 \times 15{,}24 = 304{,}80$ m in der Minute $= 5{,}08$ in der Sekunde, nach rückwärts gegen den Schiffskörper zu gerechnet. Bewegt sich nun der Dampfer sammt seinen Rädern mit 2,83 m in der Sekunde nach vorwärts, so werden die Schaufeln mit $5{,}08 - 2{,}83 = 2{,}25$ m gegen das Wasser schlagen.

Hat nun der Zugdampfer 8 Schleppe im Tau, so bewegt er sich nur mit 2,23 m in der Sekunde durch das Wasser. Sollen also die Schaufeln wieder mit 2,25 m in der Sekunde gegen Wasser arbeiten, so dürfen sie nicht schneller nach rückwärts schlagen als $2{,}25 + 2{,}23 = 4{,}48$ m gegen den Schiffskörper gerechnet. Dieses entspricht einer Geschwindigkeit von 268,80 m, daher einer Tourenzahl von $268{,}80 : 15{,}24 = 17{,}6$ in der Minute.

Wenn also die Umdrehungszahl des Dampfers von 20 bei 4 Schleppen, auf 17·6 bei 8 Schleppen herabgeht, so ist dies nicht eine Folge der grösseren Belastung der Maschine, sondern einfach die Folge der langsameren Bewegung des ganzen Systems durch das Wasser. In beiden Fällen schlagen die Schaufeln mit 2,25 m gegen Wasser, weil sie eben ein stets gleichbleibender mittlerer Dampfbetrieb im Cylinder dazu zwingt.

Maschinenleistung in strömendem Wasser. Ist bei obigem Beispiel eine entgegenwirkende Strömung von 0,91 m in der Sekunde vorhanden, so ändert sich im ganzen Bilde nichts anderes, als dass das Schiff von seiner absoluten Geschwindigkeit gegen die Ufer um die Grösse der Stromgeschwindigkeit verliert. Das Schiff wird also mit 4 Schleppen $2{,}83 - 0{,}91 = 1{,}92$ m und mit 8 Schleppen $2{,}23 - 0{,}91 = 1{,}32$ m in der Sekunde gegen Land machen.

Die absolute Geschwindigkeit der tiefstgetauchten Schaufel gegen Land steigt dadurch allerdings, sie wird mit 4 Schleppen $5{,}08 - 1{,}92 = 3{,}16$ m, mit 8 Schleppen $4{,}48 - 1{,}32 = 3{,}16$ m betragen. Nachdem jedoch die Wassertheilchen auch mit ihrer absoluten Geschwindigkeit von 0,91 m nach thalwärts ausweichen, so schlagen die Schaufeln wieder nur mit $3{,}16 - 0{,}91 = 2{,}25$ m gegen Wasser ein.

Es ist demnach in Bezug auf die Beanspruchung der Maschine gleichgiltig, ob ein Zugdampfer im stromlosen Wasser oder in Strömung fährt, ja die gleiche Rechnung ergiebt sich sogar für die Thalfahrt. Das Gefälle, ungleichmässige Geschwindigkeit der Wasserfäden, die Beschränktheit des Flussprofiles machen hier die einzigen Unterschiede aus. Es ist daher auch die Ansicht falsch, dass ein bergwärts schleppender Dampfer um vieles mehr angestrengt werde, als ein thalwärts fahrender. Es wird nur mehr Leistung, mehr mechanische Arbeit bergwärts aufgewendet, um Lasten auf dieselbe

Digitized by Google

Wegeinheit bei gleichem Kesseldruck und gleicher Einströmung zu befördern. Die Kraftanstrengung bleibt jedoch gleich und die Zustände im Innern der Maschine werden durch Stärke und Richtung der Strömung so viel wie gar nicht beeinflusst, nur die Nutzleistung gegen Land wird eine vollständig andere.

Das Gleiche gilt für den Fall, als Kursänderungen in Flusskrümmungen, plötzliche Aenderungen in der Stromschnelligkeit die Maschine aus ihrem Beharrungszustand bringen. Das Einzige, was sich dabei verändert, sind die Wirkungen der trägen Massen.

Selbst die Stösse in der Maschine auf Stromschnellen, sind zumeist nicht die Folge der grossen Aenderungen in der Stromschnelligkeit, als vielmehr der Spielräume in den Verbindungen der Maschinentheile, besonders wenn in diesen Lockerungen stattgefunden haben. Dabei ist es wohl klar, dass diese, wenn die Maschine sich schneller umdreht, heftiger auftreten müssen, als wenn sie langsamer geht. Nachdem bei schwerem Anhange letzteres der Fall ist, so wird die Maschine eines Zugdampfers schon aus diesem Grunde, wenn sie durch eine Stromschnelle schleppt, geringer beansprucht werden, als wenn sie dieselbe mit gleicher Kraft ohne Anhang durchfährt.

Kesseldruck und Cylinderfüllung. Massgebend für die Beanspruchung einer Schiffsmaschine ist daher einzig der Kesseldruck und die Cylinderfüllung. Die Kesselspannung kann nie über ihr äusserstes Mass steigen, weil dieses begrenzt ist, der mittlere Druck in den Cylindern bleibt sich aber in der Regel nahezu gleich und damit auch die Beanspruchung der Maschine. Der schwere Schleppanhang setzt sich damit ins dynamische Gleichgewicht, geht folglich langsamer als der leichtere. Die Schaufeln müssen in Folge des gleich gebliebenen Kolbendruckes mit derselben Kraft gegen Wasser schlagen; damit dies geschieht, muss das Rad sich langsamer umdrehen. Als Folge dieser Verringerung der Kolbenumdrehungen bei einem grösseren Schleppanhang kann daher keine grössere Menge Kohle, als bei einem leichten Anhang verbrannt werden. Wenn der Dampfer mit 4 Schleppen 20 Umdrehungen in der Minute = 1200 in der Stunde, mit 8 Schleppen 18 Umdrehungen = 1080 in der Stunde macht und für den Hub die gleiche Dampfmenge verbraucht, so wird der stündliche Kohlenverbrauch sogar ein geringerer und nur der zurückgelegte Weg bei dem grösseren Schleppanhange kürzer sein.

Für die wirthschaftliche Anlage einer Schiffsmaschine ist daher nur die Erzielung eines hohen Kesseldruckes bei möglichst geringer Cylinderfüllung massgebend und als Norm für die Ausnutzung der Maschine eines Dampfers muss gelten, stets die grösstmöglichste Last anzuhängen, diese Belastung aber derart zu regeln, dass eine zur Steuerung und Führung des Dampfers und Schleppzuges noch genügende Fortgangsgeschwindigkeit rücksichtlich aller eintretenden Umstände vorhanden sei. Die Fortgangsgeschwindigkeit ist aber so zu regeln, dass sie den möglichst geringsten Kohlenverbrauch für die Fahrstunde ergebe. Letzterer kann daher bei keinem Dampfer von vornherein bestimmt, sondern muss auf den jeweiligen Stromstrecken, aus den praktischen Fahrversuchen im Betriebe ermittelt werden.

Digitized by Google

Wirkung der trägen Massen. Schädlich auf die Maschine können nur die obenerwähnten Masseneinwirkungen d. h. das Bestreben der bewegten Maschinentheile die angenommene Bewegung beizubehalten, also ihr Beharrungsvermögen sein. Bei diesen ist zu unterscheiden:

1. Die Schiffsmasse selbst, wobei die Masse des Schleppanhanges, weil diese mit der Maschine nicht starr verbunden ist, ausser Betracht kommt.
2. Die sich umdrehenden Massen, wie Schaufelräder, Kurbel u. s. w.
3. Die hin- und hergehenden Massen, wie Kolben, Treibstangen u. s. w.

Alle diese zusammengenommen haben übrigens im Allgemeinen das Bestreben, grössere Veränderungen des Dampfdruckes bei der Kolbenbewegung während eines Doppelhubes auszugleichen, wodurch im Beharrungszustande eine leidlich gleichmässige Bewegung eintritt.

c) Vortheilhafte Schleppzugsmanöver.

Dampfermanöver. Die Grundlagen der Manöver, welche zur sicheren Führung eines Schiffes erforderlich sind, wurden bereits in den Abschnitten 2 und 8 behandelt.

Alle Manöver der Flussschiffahrt gründen sich in erster Linie auf die Beobachtug der Verfassung und aller Erscheinungen des Stromlaufes. Sie werden durch die Steuerfähigkeit der Fahrmittel und durch die Strömung und Fahrrichtung bedingt, müssen sich den örtlichen Verhältnissen anpassen und werden vom Wind, Wetter und der Zeit beeinflusst.

Die Führung eines Dampfers und Schleppzuges erfordert ganz besondere Manöver, welche, wenn sie richtig und mit dem geringsten Zeitaufwande ausgeführt werden, die Wirthschaftlichkeit eines Schiffahrtsbetriebes sehr heben und viele unnöthige Betriebsaufenthalte sowie Havarien ersparen.

Bei dem beschränkten Raume, mit dem der Flussschiffer zu rechnen hat, bei der verschiedenen Strömungsgeschwindigkeit in einem und demselben Stromquerschnitte, bei der durch Krümmungen und sonstige Einflüsse bedingten wechselnden Richtung der Strömung und schliesslich bei der im Oberlaufe jedes Stromes, insbesondere bei Hochwässern herrschenden scharfen Strömung, erheischt jedes Manöver volle Beherrschung der Sachlage, genaue Kenntnis der zu treffenden Massnahmen und ruhige Durchführung jedes einzelnen Theiles des Manövers. Entschlussfassung und Ausführung des Manövers müssen rasch und stets der Stromgeschwindigkeit angepasst sein. Zu langes Ueberlegen muss vermieden werden, denn die Stromverhältnisse ändern sich mit jeder Schiffslänge und infolgedessen findet ein verspäteter Entschluss eine andere Sachlage vor, in die dann der ursprünglich gefasste Plan nicht hineinpasst und ein Fehlmanöver verursachen kann.

Ihrem Zwecke nach unterscheiden sich die Manöver in solche zum Wegfahren vom Ankerplatze oder vom Landungsstege: in Abfahrtsmanöver; in solche zum Zusammenstellen und Intaunahme, sowie Austaulassen des Anhanges: in Seilmanöver; ferner in Wende- und Landungsmanöver; und endlich in Flottmachungsmanöver.

Digitized by Google

Abfahrtsmanöver. Das Hauptmanöver der Abfahrt vom Ankerplatze besteht im Lichten des Ankers. Dabei lässt man die Maschine langsam vorwärts arbeiten, wodurch die Ankerkette leichter eingeholt und ein Reissen derselben oder ein Geradebiegen der in dem Flussgrund eingegrabenen Ankerarme vermieden wird. Abgefahren darf erst dann werden, wenn der Anker ausgebrochen und oberhalb der Wasserfläche so hoch gehoben ist, dass er an Bord geborgen werden kann.

Das Manöver zur Abfahrt von einer Landungsbrücke bei Windstille oder bei einem vom Lande abwehenden Winde erfordert nur das Auslassen und Hereinnehmen der Haftseile, um die Maschine ungehindert in Gang setzen zu können. Weht jedoch ein heftiger, anlehnender Wind aus der Richtung der Wasserseite, oder ist die Landungsbrücke vorne durch Fahrzeuge verstellt, so dass die Wirkung des Steuers nicht ausreichen würde, den Dampfer aus dem Bereiche derselben herauszubringen, so giebt man vom Achter des Schiffes ein Seil auf die Landungsbrücke und lässt die Maschine so lange langsam rückwärts arbeiten, bis sich der Achter hinter die Landungsbrücke gelegt und das Vorderschiff gegen die Strommitte hinausgewendet hat (Bild 241). Ist diese Wendung soweit erfolgt, dass ein Abtreiben durch den Wind an die vor der Landungsbrücke liegenden Schiffe nicht mehr zu befürchten ist, so lässt man die Maschine wieder nach vorne arbeiten und nimmt das „Wendeseil" an Bord. Reicht auch dieses Manöver nicht aus, um vom Landungsplatze wegzukommen, so wird mit dem Boote ein leichter Anker in den freien Strom geführt und das Schiff auf einem mit dem Anker verbundenen Seile, mit Hilfe des Ruders, durch die Strömung von seinem Platze abtreiben gelassen, worauf der Anker wieder eingeholt wird.

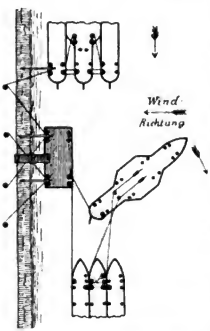


Bild 241. Abfahrtsmanöver in enger Stromstrecke.

Seilmanöver. Die Manöver zum Intauenehmen sind je nach der Strecke, der Grösse des Schleppanhanges und der Maschinenkraft des Dampfers verschieden.

Will der Zugdampfer einen Schlepp an seine Bordseite zukuppeln, (Bild 242) so legt er sich langseits an denselben an, giebt von seinem Buge ein kurzes Schlepptau und mittschiffs quer ein Seil nach vorne und rückwärts auf das zu schleppende Fahrzeug und löst dessen Vertauung oder Anker. Das Schlepptau, die „Strupfe", übt den Zug aus und wird so lang genommen, dass die Steuerruder des Dampfers und Schleppes womöglich nebeneinander in gleicher Höhe zu liegen kommen. Die übrigen zwei Querseile haben die Aufgabe, das Vorlaufen des geschleppten Schiffes beim Langsamgehen oder Halten der Maschine zu vermeiden, sowie während der Fahrt ein seitliches Abweichen des Schleppes vom Dampfer zu verhüten.

Will der Dampfer die Schleppe rückwärts in Tau nehmen, so fährt

Digitized by Google

er den Bug des Schleppes so nahe als möglich an, um auf diesen die Schlepptaue leicht geben zu können. Ist das Schlepptau beiderseits gut befestigt, so wird der Gang der Maschine so geregelt, dass sich das Seil sachte anspannt, worauf die Verheftung des Schleppes gelöst wird. Besteht der Anhang aus einer grösseren Anzahl von Schleppen, so ordnet man diese in mehreren Reihen an zwei bis drei Schlepptauen an.

Die Verbindung einzelner Schleppe untereinander geschieht dadurch, dass man die nebeneinander zu kuppelnden mittschiffs mit einem Seile zusammenschliesst, „zuschwabbelt", welches den Zug ausübt, während das Vorwärtslaufen der beiden aneinander gekuppelten Schleppe durch Haftseile am Bug und Achter verhindert wird.

(Baggerrechen)

Bild 242 Dampfer mit zugekuppeltem Schlepp.

Hintereinander werden die Schleppe je nach ihrer Grösse, ihrem Tiefgange und der Strömung an ein und zwei „Aufklampfseilen" geführt, welche von der Mitte der Bordseite des vorderen, auf dem Buge des rückwärtigen Schleppes befestigt werden.

Die Intaunahme ist für die Bergfahrt die gleiche, als für die Thalfahrt. Um aber den Zugswiderstand in der Bergfahrt möglichst gering zu gestalten, müssen die Schlepptaue lang genommen und das Zusammenkuppeln von Fahrzeugen vermieden werden. Nur in Ausnahmsfällen dürfen zu Berg Schleppe an die Seite des Zugdampfers genommen werden.

Die Art und Weise wie auf den verschiedenen Stromstrecken der Donau zu Berg und zu Thal geschleppt wird, ist Seite 399 bis 405 beschrieben. Bild 243 zeigt einen grossen Schleppzug zu Thal durch eine Flusskrümmung der mittleren Donaustrecke.

Digitized by Google

Das Austaulassen eines Fahrzeuges unterwegs richtet sich nach der Lage des Abheftplatzes und nach der dort herrschenden Strömung. Wenn in starker Strömung der Anker allein den Schlepp nicht halten würde, verheftet man denselben noch mit Seilen an das Ufer. Um dabei eine Berührung des Schiffes mit dem Ufer zu vermeiden, setzt man vorne und rückwärts je einen Schorrbaum, mit welchen man das Schiff gegen das Ufer zu abstützt. Ein vorne angebrachtes, stromabwärts befestigtes Seil, der Spannhaft, und ein den Hintertheil haltendes Querseil, der Achterhaft, geben dann der Vertauung die erforderliche Steifigkeit und verhüten, dass die Schorrbäume aus ihrer Lagerung am Lande ausbrechen (Bild 244).

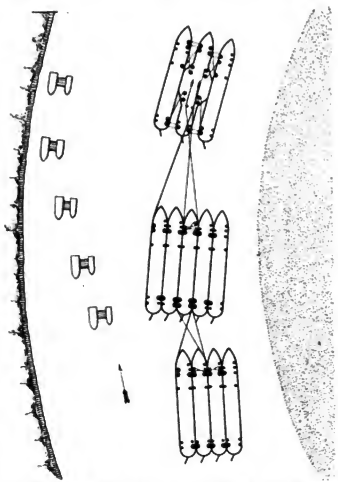


Bild 243. Thalschleppzug mit Bremstau zur sicheren Passirung der Schiffsmühlen.

Wendemanöver. Die Wendemanöver sind, je nachdem der Dampfer bergfahrend oder thalfahrend, mit oder ohne Schleppe, in breiter Fahrtstrasse oder in enger Durchfahrt, in grosser Strömung oder ruhigem Wasser, mit oder gegen den Wind wenden muss, verschieden.

Will ein thalfahrender Dampfer, welcher seinen Anhang an der Seite führt, wenden, so muss er sich, um genügenden Raum zu gewinnen, möglichst nahe an jenes Ufer halten, längs welchem die schwere Strömung zieht, hat sodann seine Maschine mit verminderter Kraft arbeiten zu lassen und sein Ruder nach der Wendungsrichtung, in diesem Falle die Flussseite mit der schwachen Strömung, aufzustellen. Ob nach erfolgtem Ausdrehen des Ruders die Maschine wieder in vollen Gang zu setzen oder weiterhin noch langsam arbeiten zu lassen oder aber ganz zum Stillstande zu bringen ist, hängt von dem Fortschreiten der Drehung und dem vorhandenen Wenderaume ab. Je grösser der Unterschied zwischen der Strömung der einen und der Strömung der anderen Stromhälfte ist, umso rascher erfolgt die Wendung. Man muss demzufolge immer bestrebt sein, den Bug so weit als möglich in die schwache Strömung oder, wenn eine Gegenströmung vorhanden ist, in diese hineinzubringen, den hinteren Theil aber in der scharfen Strömung zu erhalten.

Die verschiedene Stärke der auf das Schiff einwirkenden Strömung

Digitized by Google

bringt es mit sich, dass der Schiffsachter rascher mit dem Strome treibt, als der Schiffsbug und demzufolge im Laufe des Manövers die Längenachse des Schiffes und die Stromrichtung keinen rechten, sondern einen spitzen Winkel bilden, der um so spitzer wird, je länger die starke Strömung einwirkt. Dauert diese zu lange, so treibt das Schiff im Strome weit ab und kann dann an ein Hindernis stossen oder aber in eine Stromstrichrichtung kommen, welche die schon erzielte Drehung des Schiffes wieder aufhebt. Ist sonach die richtige Wendelage eingetreten, dann muss man Maschine und Ruder so zusammen wirken lassen, dass die volle Wendung noch im günstigen Wenderaume vollendet werden kann.

Bild 244. Sichere Schiffsvertauung.

Zeigt sich, dass trotz Ausnutzung von Steuer, Strömung und Maschinenkraft eine Wendung nicht gelingen würde, so hat man, um einer Berührung mit dem Ufer auszuweichen, die Maschine zurückarbeiten zu lassen. Das Schiff fährt nun mit umgelegtem Ruder so lange nach rückwärts, bis es vor seinem Buge wieder genügenden Wenderaum gewonnen hat, um dann mit wieder vorwärts arbeitender Maschine und nachdem das Ruder in seine frühere Lage gebracht worden war, die Wendung beenden zu können.

Hat der Dampfer Schleppe rückwärts in Tau, so muss das Wendemanöver mit umso grösserer Vorsicht eingeleitet werden, weil ein Zurückarbeiten der Maschine nicht möglich ist. Mit Rücksicht auf diesen Umstand hat man alle Möglichkeiten des Wendens schon früher sorgfälltig zu erwägen und stets einen ausreichend grossen Wenderaum, wenn derselbe auch weitab liegt, zu wählen. Die am Tau hängenden Schleppe dürfen ihre Wendung immer erst dann beginnen, wenn sie den Achter des im Wenden begriffenen Zugdampfers passirt haben, sonst gerathen Dampfer und Schleppe aneinander. An engen Stromstellen, thalfahrend kann man zu einer Wendung auch die rückwärts hängenden Schleppe nutzbar machen, indem man die Schleppseile am Dampferachter festhält und solcherart der Masse des in Vorwärtsbewegung begriffenen Anhanges am Hinterschiffe einen Angriffspunkt bietet, um dieses rascher stromabwärts zu schieben und in Folge dessen den Bug nach stromaufwärts zu drehen. Oft hilft auch ein an der Wendeseite gekuppelter Schlepp dem Zugschiffe, sich leichter zu drehen.

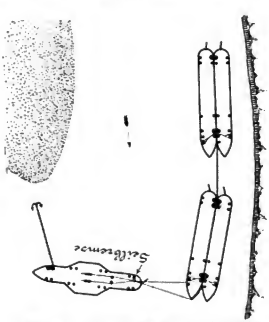


Bild 245. Wendemanöver mit Hilfe des Ankers.

Endlich kann in der Thalfahrt zum Wenden vortheilhaft die Ankerwirkung ausgenützt werden. In diesem Falle wird die Wendung, wie vorhin geschildert, eingeleitet, nur lässt man in dem Augenblicke, wo der Zugdampfer

Digitized by Google

quer über den Strom zu liegen kommt und der Anhang seine Wendung zu machen beginnt, den Anker bei gestoppter Maschine fallen. Hierdurch wird der Vordertheil des Zugdampfers festgehalten, während der Hintertheil, durch die Strömung abgetrieben, sich ruhig herumdreht, wobei der Bug gegen den Strom zu stehen kommt. (Bild 245.)

Die Wendemanöver aus der Berglage in die Thalfahrt sind ähnliche. Des Ankers als Hilfsmittel kann man sich allerdings nicht bedienen, wohl aber können zweckentsprechende Seilmanöver (Bild 246 und 247) die Wendung auch bergfahrend wesentlich unterstützen.

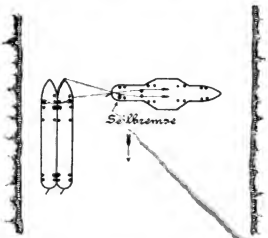


Bild 246. Wendemanöver mit gebremstem Schlepptau.

In ähnlicher Weise wird auch vom Achter des Dampfers oder von dem an ihm zugekuppelten Schlepp an seinen verankerten oder in Fahrt begriffenen Anhang ein langes Tau gegeben, welches den Achter des Dampfers festhält, während das Vorderschiff durch die Strömung gewendet wird (Bild 248).

Vorsicht im Gebrauche von Ruder, Seil und Maschine muss bei beschränktem Wenderaume immer obwalten, weil ein Misslingen eines Wendemanövers bedeutende Havarien im Gefolge haben kann.

Landungsmanöver. Die Landung eines Dampfers und Schleppzuges erfolgt entweder an einer Landungsstelle, welche mit Haftstöcken versehen ist, an denen die Schleppe sich vertauen oder aber an geeigneten Ankerplätzen mittels der Anker. Ist die Strömung nicht stark und eine Vertauung des Schiffes mit dem Lande nicht beabsichtigt, so genügt in den meisten Fällen der Anker allein, um das Schiff festzuhalten. Reicht jedoch dieser nicht aus, so vertaut man das Schiff ausserdem noch mit Landseilen, Spannhaft, Achterhaft und Schorrbäumen (siehe Bild 244).

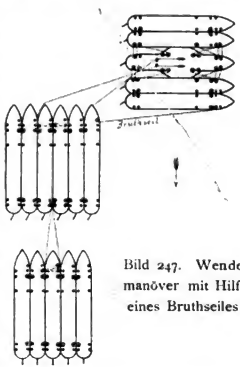


Bild 247. Wendemanöver mit Hilfe eines Bruthseiles

In der Auswahl der Ankerplätze muss immer Vorsicht walten, dieselben dürfen bei fallendem Wasserstande nicht zu seicht gewählt werden, weil sonst der Anhang, oft über Nacht, festsitzen kann, ferner müssen Stellen mit Wechsel- oder Gegenströmungen vermieden werden, weil sich sonst die unruhig vor Anker liegenden Schleppe gegenseitig beschädigen können, immer aber muss ein guter fester Ankergrund gewählt und die Anker von nebeneinander-

Digitized by Google

liegenden Schleppen so geworfen werden, dass dieselben nicht ineinander gerathen und sich verwirren.

Flottmachungsmanöver. Die Flottmachung ländgefahrener Schiffe bildet das schwierigste Manöver der Flussschiffahrt. Jede Flottmachung muss mit Umsicht eingeleitet und immer darauf Bedacht genommen werden, dass das von einer Untiefe herabgezogene Fahrzeug leck geworden sein kann, weshalb schon vor Ausführung dieses Manövers stets eine günstig gelegene Flussseichte, womöglich in Ufernähe, auszuwählen ist, um den flottgemachten Schlepp, wenn er etwa havarirt sein sollte, wieder länd stellen und hierdurch sein Sinken hintanhalten zu können. Es ist übrigens immer vortheilhafter, einen aufgefahrenen Schlepp nicht gewaltsam flott, sondern ihn da-

Bild 248. Wendemanöver in enger Stromstrecke.

durch schwimmend zu machen, dass man seine Ladung theilweise oder ganz auf ein anderes nebenzustellendes Fahrzeug überladet. Nur wenn der festgefahrene Schlepp etwa durch Eisrinnen gefährdet ist (Bild 249), muss dessen Bergung so rasch als möglich und mit allen Mitteln erfolgen.

d) Steuerfähigkeit der Schleppzüge.

Gieren der Schleppe während des Zuges. Die Art und Weise, wie ein Schleppzug geführt und den Flussströmungen entsprechend gesteuert wird, ist von weiterem Einflusse auf die Zugskosten. Der Schleppzug wird bei weitem noch nicht mit der nothwendigen Fachkenntnis und Aufmerksamkeit ausgeübt. Er wird im Allgemeinen noch grossen Theiles so betrieben, wie ihn die Erfahrungen der alten Schiffer gelehrt. Diese Erfahrungen

Digitized by Google

haben sich von Geschlecht auf Geschlecht vererbt, auf wissenschaftlicher Grundlage werden sie aber selten überprüft.

Der Führer des Dampfers hängt die Schleppe je nach deren Grösse, einen hinter den anderen, in 1, 2 oder 3 Reihen und fährt nun lustig darauf los. Ob die Schleppkähne ruhig oder unruhig dem Kurse des Dampfers folgen, ob sie während der Fahrt stets den möglichst geringsten Widerstand gegen den Zug bieten oder nicht, beurtheilt Niemand. Nur wenn die Schleppe durch zu starkes Gieren aus dem Kurs gerathen und Gefahr laufen, auf einer in der Nähe befindlichen Untiefe aufzufahren, geräth der Führer des Dampfers in Aufregung und regelt durch Signalpfiffe oder Zurufe den unruhigen Fortgang seines Anhanges, vermindert hierbei aber sehr oft die

Bild 249. Flottmachung eines vom Eisgang abgetriebenen und ländgefahrenen Donauschleppes.

Maschinenkraft und verliert hierdurch wesentlich an Fortgangsgeschwindigkeit. Dieses Spiel wiederholt sich während eines Schleppzuges in der Bergfahrt fortwährend. Eine Zeit lang geht der Anhang ruhig nach, zumeist aber pendelt er in Folge der schwerfälligen Steuereinrichtungen der Schleppe oder wegen ungenügender Muskelkraft am Steuerruder hin und her und es machen die einzelnen Schleppe Gierschläge nach rechts und nach links.

Das unruhige Nachfahren der Schleppe ist besonders in grösserer Strömung von ungünstigem Einfluss auf den Zug, weil die Formwiderstände der Fahrzeuge wesentlich vermehrt werden und hierdurch ein ganz bedeutender Verlust an Zugkraft eintritt. Denn, wenn der Schlepp dem Kurs des Dampfers ruhig folgt und womöglich parallel mit dem Stromstrich gezogen wird, hat derselbe nur jenen Formwiderstand zu überwinden, welcher sich durch den Querschnitt des grössten benetzten Spantes ergiebt. Wenn jedoch die Schleppe ins Gieren kommen, wird nicht nur dieser Widerstand, sondern auch noch

Digitized by Google

jener zu überwinden sein, welcher durch die quer zur Strömung gezogenen Breitseiten der Schleppe und durch die aufgestellten Steuerruderflächen entsteht (siehe auch Abschnitt 11)

Im Bilde 250 ist diese Erscheinung im Schleppzuge dargestellt.

Wenn die Schleppe A, B, C in geradem Kurs hinter dem Zugdampfer, parallel zum Stromstrich X gegen den Strom gezogen werden, so wird der Gesammtwiderstand des Schleppanhanges aus dem Oberflächenwiderstand der drei Schleppe und dem Formwiderstand derselben bestehen. Ersterer bleibt in jeder Lage des Schleppkörpers nahezu gleich, letzterer drückt sich durch die grössten benetzten Querschnitte der drei Schleppkörper aus. In dieser Lage sind für letzteren die Querschnitte m n, m_1 n_1 und m_2 n_2 in Rechnung zu stellen.

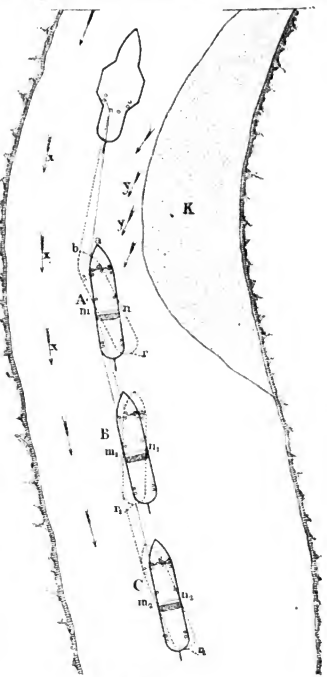


Bild 250.

In dem auf der Zeichnung veranschaulichten ruhigen Kurs können aber die Schleppe nur dann erhalten werden, wenn sie eine derartige Steuerfähigkeit haben, dass sie beispielsweise durch den Wasserdruck an einer seichten Stelle, etwa durch die Kiesbank K, nicht in der Richtung der Pfeile y ausgetaucht werden können.

Ungenügende Steuerfähigkeit der Schleppe. Thatsächlich geschieht aber letzteres, bei den heutigen schwergehenden Steuervorrichtungen fast bei allen Schleppen, weil die Muskelkraft der Leute am Ruder in der Regel nicht ausreicht, dem Seitendruck an seichter Stelle genügend rasch entgegen steuern zu können.

Der Schlepp A ändert deshalb, wie er in die Nähe der seichten Stelle K gelangt, seine Richtung von a nach b, kommt quer zur Strömung zu liegen, diese Richtungsänderung überträgt sich auf die Schleppe B und C in der auf dem Bilde angedeuteten Weise und nun muss der Dampfer die viel grösseren Formwiderstände, und auch noch jene Widerstände bewältigen, welche gleich

Digitized by Google

sind dem Drucke des Wassers auf die Projektion der Langseiten der 3 Schleppe und auf die Flächen der 3 Ruderblätter r, r_1 und r_2.

Dies ist immer ein Verlust an Zugkraft und unter Umständen, besonders in grösseren Strömungen, ein bedeutender, und hierdurch unterscheidet sich der Wasserwiderstand eines Flussschiffes von jenem eines Seeschiffes ganz wesentlich. Während letzteres nur in der Richtung der Längenachse einen Widerstand erfährt, hat das Flussschiff fast beständig zwei Widerstände zu überwinden, einen, den es durch seinen Vorwärtsgang, also sowie das Seeschiff, in seiner Längenachsenrichtung erleidet, und einen, durch die Flussströmung erzeugten, der das Fahrzeug unter einem Winkel, nicht selten sogar rechtwinkelig zur Längenachse trifft. Letzteres tritt besonders stark auf, wenn der Zugdampfer seinen Anhang bergfahrend von einem Ufer zum anderen führen muss, ferner bei Umfahrung von Sandbänken und Buhnen, sowie beim Begegnen oder Ueberholen eines anderen Dampfers, in welchen Fällen der Anhang zumeist eine quer zum Stromstriche gelegene Richtung einnimmt.

Wenn ein Zugdampfer zu Berg, beispielsweise entlang dem linken Ufer, um an Fortgangsgeschwindigkeit zu gewinnen, in dem hinter einer Buhne oder Sandbank schwächer strömenden Wasser fährt, so wird er im Augenblicke, als er die Buhne umfahren will und nun nach dem offenen Strome „ausbrechen" muss, an seiner rechten Vorderschiffseite von der starken Strömung nahezu senkrecht getroffen werden und in der Fahrrichtung nach links einen weiten Bogen beschreibend, oft bis zur Mitte des Stromes quer abtreiben. Das Ruder muss nun in entgegengesetzter Richtung nach Steuerbord voll überlegt, dabei die Maschine nicht selten zur äussersten Kraft angespannt werden, um den Dampfer wieder in geraden Kurs aufrichten zu können. Der nachfolgende Schlepp wird in ähnlicher Weise in der Richtung der Resultirenden der beiden nun auf ihn einwirkenden Kräfte, der seine rechte Bugseite senkrecht treffenden Strömung und des schrägen Zuges der Schlepptaue, abtreiben und das Gleiche wird sich bei allen, ihm folgenden Fahrzeugen wiederholen, wobei der Nachkommende immer dem Vorderschlepp durch die Spannung der Schlepptaue hilft, sich wieder im geraden Kurse aufzurichten. Der letzte Schlepp, welcher diese Hilfe nicht erfährt, kann sich aus diesem Grunde oft trotz energischester Ruderausdrehung nicht mehr aufrichten, fährt in der abgetriebenen Richtung in seine Aufklampfseile scharf hinein, wodurch diese nicht selten brechen. Der letzte Schlepp ist daher bei einem solchen Zuge immer der am meisten gefährdete.

Einfluss der Steuerfähigkeit auf die Zugskosten. Obwohl diese Erscheinungen dem Schiffer im praktischen Betriebe immer wieder auffallen und bekannt sind, unterschätzt er dennoch ihren schädlichen Einfluss auf die Zugskosten.

Man hat indessen im Donaubetriebe durch Zugsversuche nachgewiesen, dass der durch ungünstige Steuerfähigkeit oder durch unrichtiges Nachfahren der Schleppe hervorgerufene Mehrwiderstand gegen den Zug mit zunehmender Todtwassergeschwindigkeit*) 20 bis 40 pCt. beträgt. So wurde beispielsweise,

*) Todtwassergeschwindigkeit ist die Fortgangsgeschwindigkeit des Schiffes in stromlosem Wasser. Für einen Strom bestimmt man sie, indem man die Fortgangs-

Digitized by Google

gelegentlich eines Schleppzuges durch die Stromenge am Struden, die Leistung eines Zugdampfers von 600 i. HP durch ruhiges gerades Nachfahren seines Schleppanhanges um 25 pCt. erhöht.

Eine empfindliche und gleichzeitig ruhige Steuerfähigkeit sowohl des ziehenden Dampfers, als auch der geschleppten Fahrzeuge ist demnach die erste Bedingung für einen wirthschaftlichen Schleppzug.

Steuerung eines Schiffes. Um dieses richtig beurtheilen zu können, erscheint es nothwendig, das Wesen der Steuerung eines Schiffes eingehend zu beschreiben.

Jeder Wechsel in der Fahrrichtung eines Schiffes wird bekanntlich mit dem Ausdrucke „Steuern" bezeichnet. Das Steuern kann entweder durch Drehung des Steuerruders allein oder durch verschiedene Stellungen der Segel zu einander oder durch mittels Dampfkraft bewegter Propeller oder aber endlich durch entsprechendes Zusammenwirken dieser Mittel mit dem Steuer erfolgen.

Jedes Schiffsteuer besteht aus dem beständig im Wasser eingetauchten „Ruder" und aus der zur Bewegung desselben dienenden „Steuervorrichtung". Das Steuerruder ist zumeist ein flaches Rahmenwerk, das mit dünnen Platten bekleidet und mittels Haken in den an der Hinterstevenkante befindlichen Fingerlingen derart eingehängt ist, dass es um seine senkrechte Achse, gleich einer Thür, in verschiedene Winkelstellungen nach rechts und links gedreht werden kann. (Die Konstruktion des Balanceruders siehe Seite 324).

Die Tiefe des Steuerruders ist vom Tiefgang des Schiffes am Hintersteven abhängig, es sollte immer etwas oberhalb des tiefsten Punktes desselben angebracht sein, damit es beim Aufgrundfahren des Schiffes nicht beschädigt werde. Die Breite des Ruders hängt vom Tiefgange, der Völligkeit des Schiffes und der Art des Propellers desselben ab. Als übliche Breite nimmt man bei tiefgehenden Seeschraubendampfern

von	30	bis	50	m	Länge	in	der	Wasserlinie	$^1/_{50}$
„	50	„	100	„	„	„	„	„	$^1/_{40}$
„	100	„	150	„	„	„	„	„	$^1/_{50}$
„	150	„	200	„	„	„	„	„	$^1/_{60}$

der betreffenden Schiffslänge an.

Bei Seedampfern ist das Steuerruder oben und unten derart abgerundet, dass seine grösste Breite in der Linie der höchsten zulässigen Tauchung des Schiffes liegt. Bei Flussschiffen nimmt man die nothwendige Ruderfläche mehr der Länge nach und giebt ihr zumeist die Form eines länglichen Rechteckes, dessen Fläche bei Dampfern von 40 bis 60 m Länge 4 bis 5 m², bei Schleppen von derselben Länge 5 bis 7 m² beträgt.

Wenn das Steuerruder genau in der Fortsetzung der senkrechten Ebene der Kiellinie liegt, so ist es auf die seitliche Drehung des Schiffes von keiner

---

geschwindigkeiten auf einer gemessenen Stromlänge zu Thal und zu Berg ermittelt, diese summirt und von der Summe die Hälfte nimmt. Z. B. Thalgeschwindigkeit 20 km, Berggeschwindigkeit 14 km, daher Todtwassergeschwindigkeit $\frac{20 + 14}{2} = 17$ km.

Digitized by Google

Wirkung. Wird jedoch das Steuerruder nur um einen geringen Winkel zu dieser Ebene gebracht, so wird das auf das Ruder zuströmende Wasser von diesem abgelenkt und übt gleichzeitig einen Druck auf dasselbe nach jener Seite aus, nach welcher es gedreht wurde. Dieser Druck des Wassers ist um so grösser, je schneller die Stromfäden auf das Steuerruder anprallen. Demgemäss ist die Ruderwirkung um so grösser, je schneller die Fahrgeschwindigkeit des Schiffes ist.

Damit ein Schiff überhaupt steuere, ist es nothwendig, dass dasselbe einen gewissen Fortgang habe, oder aber dass auf dasselbe eine gewisse Stromgeschwindigkeit einwirke. Dieser Fortgang des Schiffes muss so gross sein, dass die zufliessenden Wasserfäden mit einem noch genügenden Drucke das Steuerruder treffen. Die Grösse des Wasserdruckes auf das Steuerruder wächst daher proportional mit der Todtwassergeschwindigkeit des Schiffes.

Der Wasserdruck auf das Steuerruder wird in zwei Komponenten zerlegt, von denen eine parallel und entgegengesetzt der Richtung der Kiellinie, die andere senkrecht auf die jeweilige Lage des Ruders wirkt. Erstere verursacht nur eine Verminderung der Fahrgeschwindigkeit des Schiffes, letztere leitet das Schiff seitwärts von der innegehabten Richtung ab.

Diese Ableitung äussert ihre Wirkung wieder auf jenen Punkt des Schiffskörpers, wo derselbe seinen grössten benetzten Querschnitt hat, also dort, wo die Angriffsstelle des grössten Widerstandes gegen die Fortbewegung im Wasser ist. Aus der Wirkung dieser beiden Komponenten entsteht dann ein Kräftepaar, welches veranlasst, dass das Schiff sich um den oben bezeichneten Punkt dreht.

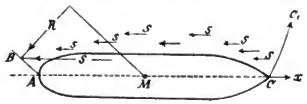


Bild 251.

Wird bei einem in der Richtung x fahrenden Schiffe (Bild 251) das Steuerruder AB nach links gedreht, so üben die parallel der Kiellinie AC zufliessenden Wasserfäden s auf dasselbe einen Druck aus, welcher sich in das Kräftepaar S und R zerlegt. S vermindert die Fahrgeschwindigkeit, R leitet die Richtung des Schiffes um den Drehungspunkt M nach links C ab. Je grösser die Fortbewegung in der Richtung nach x ist, umso grösser wird der Druck der Stromfäden s auf das Steuerruder und umso grösser die Ruderwirkung R sein.

Es ist einleuchtend, dass, je ruhiger und gleichmässiger ein Schiff gesteuert wird, umso grösser der Wirkungsgrad in Bezug auf seine Fortbewegung ist. Dieser Umstand ist hauptsächlich für die Flussschiffahrt von Bedeutung, bei welcher der Kurs des Schiffes in den gegebenen, meist gekrümmten Fahrbahnen fortwährend gewechselt werden muss, wobei durch ungeschickte Steuerung oder durch zu schwer gehende Steuervorrichtungen, besonders im Schleppzuge viel Nutzkraft verloren gehen kann.

Der Druck des auf das Steuerruder zufliessenden Wassers ist jedoch für eine gute Steuerwirkung allein nicht massgebend. Letztere kann nur dadurch erzielt werden, dass man diesem Drucke so schnell als möglich mit dem Ruder entgegenwirkt. Je schneller daher die Ausdrehung

Digitized by Google

des Steuerruders erfolgen kann, um so wirkungsvoller wird die Steuerung sein.

Ein schnelles Ueberlegen des Ruders ist um so nothwendiger, als der Schiffskörper beim Drehen nach einer Seite mit seiner Breitseite eine kreisförmige Bewegung gegen die ganze seitliche Wassermasse macht, wodurch der Eigenwiderstand des Schiffes bedeutend zunimmt.

Um die Steuerfähigkeit eines Schiffes beurtheilen zu können, wird als Maass der Kreisbogen bestimmt, den das Schiff bei einer vollen Umdrehung beschreibt und die Zeit, die es zur Beschreibung dieses Kreises benöthigt. Von zwei Schiffen hat bei gleicher Zeitdauer zu einer vollen Umdrehung dasjenige eine bessere Steuerfähigkeit, welches einen kleineren Kreis beschreibt, oder dasjenige, welches, wenn beide Kreisdurchmesser gleich sind, zur Beschreibung eines Kreises die kürzere Zeit benöthigt. Für die Steuerfähigkeit eines Schiffes sind allerdings noch weitere Umstände massgebend, wie die Form des Schiffskörpers, insbesondere des Hinterstevens, ferner die angewendete Ruderfläche. Immer ist aber für eine gute Steuerwirkung in erster Linie ausschlaggebend, bis zu welchem Winkel die Ueberlegung des Steuerruders in kürzester Zeit erfolgen kann. Dieser letztere Umstand hängt von der auf dem Schiffe verwendeten Steuervorrichtung ab.

Die Steuerungen sind entweder für Hand- oder für mechanischen Betrieb eingerichtet:

Die Handsteuerung ist in ihrer einfachsten Anwendung ein am Ruderkopf aufgekeilter Hebel, welcher unmittelbar mit der Hand nach rechts und links gedreht wird (Schwengelruder), oder ein oder mehrere Steuerräder, welche durch Zahnräder, Spindel oder Ketten die Bewegung auf die Ruderpinne übertragen. (Quadrant-, Spindel- oder Kettensteuerung.)

Die mechanischen Steuerungen wurden bis jetzt mittels Dampfkraft, Wasserdruck oder Elektrizität betrieben und sind, weil sie eine schnelle Ueberlegung des Steuers ermöglichen und dadurch die Wirkung desselben ausserordentlich erhöhen, der Handsteuerung vorzuziehen. Sie haben auch überall, wo eine motorische Kraft vorhanden ist, letztere verdrängt.

Obgleich theoretisch der äusserste Winkel, bis zu welchem das Ruder eine Wirkung hat, 45 Grad beträgt, so wird dieser Ausschlagwinkel bei Dampfsteuerungen dennoch nicht angewendet, weil das Steuerruder, wenn es rasch und energisch überlegt werden kann, schon bevor es diesen Winkel mit der Kielebene bildet, seine höchste Wirksamkeit erreicht. Durch die mechanischen Steuerungen kann man deshalb die Ausschlagwinkel bis auf 30 Grad vermindern. 35 bis höchstens 40 Grade sind die bei denselben üblichen Winkelstellungen.

Ein kleiner Ausschlagwinkel ist schon darum von Wichtigkeit, weil der Wasserdruck auf das Ruder mit zunehmender Ausdrehung ganz bedeutend zunimmt und daher durch einen grossen Ausschlagwinkel alle Theile der Steuervorrichtung sehr stark in Anspruch genommen werden. Bei Handsteuerungen wird durch die bei diesen nothwendigen grossen Ausschlagwinkel manches Unglück und Havarie herbeigeführt. Die Steuerräder sind von den Männern am Ruder oft nicht zu halten, wirbeln zurück, verletzen diese, oder werfen sie über Bord.

Digitized by Google

Zu einer geringeren seitlichen Ablenkung des Schiffes von seiner Richtung, wie dies in der regelmässigen Fahrt vorkommt, soll das Steuer nur eine ganz geringe Drehung erfahren, damit das Schiff nicht ins Gieren komme, Bei Handsteuerungen ist dieses Gieren, besonders in schmäleren, gekrümmten Fahrbahnen gar nicht zu vermeiden, weil der Steuermann, damit er eine entsprechende Steuerwirkung hervorbringe, das Steuerrad unwillkürlich immer mehr als nothwendig ausdreht. Die mechanische Steuerung, welche ein energisches, daher geringes Ausdrehen des Ruders ermöglicht, vermindert deshalb das Gieren des Schiffes wesentlich und giebt demselben einen ruhigen Kurs.

Einfluss der Schiffsform auf die Steuerfähigkeit. Die Körper der Zugdampfer, welche gewöhnlich schärfere Baulinien erhalten, steuern im Allgemeinen besser als die vollen Schleppkörper.

Schleppe, welche gegen den Bug und gegen den Achter zu senkrecht aufsteigende Flächen haben, steuern sich schwerer als solche, welche vorne und achter volle runde Formen haben, gehen aber dafür im Zuge dem ziehenden Dampfer ruhiger nach. In der Völligkeit des Achterschiffes darf man jedoch nicht zu weit gehen, weil durch eine zu plumpe Form desselben der Zufluss des Wassers zum Ruderblatt gehemmt wird. Schleppkörper mit runden löffelartigen Formen am Bug und Achter, deren Wasserlinie und Spanten also eine parabolische oder elliptische Form haben und sich tangential an das prismatische Mittelschiff anschliessen, haben deshalb eine empfindliche Steuerfähigkeit. Bei diesen treffen die Stromfäden unter Wasser keine senkrechten ebenen Flächen, sondern das Vor- und Hinterschiff unter sehr spitzem Winkel, daher das Ruder immer volles lebendiges Wasser findet.

Diese Empfindlichkeit erzeugt aber wieder einen unruhigen Gang des Fahrzeuges. Die gerade Fortbewegung solcher Schleppe im Zuge kann schon durch die eigene Bugwelle oder durch unruhige Schwingungen der Schlepptaue beeinträchtigt werden, an seichten Flussstellen aber werden sie sofort heftige Gierschläge machen. Einen ins Gieren gerathenen Schlepp aber wieder in ruhigen Gang zu bringen, ist schwierig und geht stets auf Kosten der Zugkraft.

In der Flussschiffahrt ist es daher am zweckmässigsten, grösseren Schleppen keine runden Formen vorne und achter zu geben, dabei aber den Achter nicht zu voll auszubauen, damit dem Ruderblatte der Wasserzufluss nicht entzogen werde. Den Donauschleppen giebt man deshalb zumeist eine Völligkeit von etwa 80 pCt., erbaut sie vorne nicht rund, sondern mit senkrechten Flächen und am Achter etwas geschmeidiger.

Steuervorrichtung mit Gegengewicht. Patentschiffsteuer. Die sich hierdurch ergebende geringere Steuerfähigkeit sucht man durch ein in jüngster Zeit in der Donauschiffahrt eingeführtes „Patentschiffsteuer" zu erhöhen, welches eine wirkungsvolle Steuerung der Schleppe ermöglicht.

Das Wesen dieser neuartigen Steuerung liegt darin, dass der Druck, den das Wasser auf das Ruderblatt ausübt, in jeder Ruderlage durch ein Gegengewicht aufgehoben wird, wodurch selbst bei grosser Fahrgeschwin-

Digitized by Google

digkeit und starkem Wellenschlage das Steuerruder leicht nach rechts oder nach links überlegt werden kann.

Weil aber während der Fahrt der Wasserdruck auf das Ruderblatt ein stets wechselnder ist und, je nachdem das Ruder mehr oder weniger nach einer Seite hin überlegt, „ausgedreht" wird, grösser oder geringer ist, wird diese Entlastung des Ruderdruckes mittels Zahnrädern in der Weise auf das Gegengewicht übertragen, dass dieses das Steuerruder genau im Verhältnisse zum jeweiligen Wasserdrucke ausgleicht oder mit anderen Worten den Ruderdruck in jedem Augenblicke nahezu aufhebt.

Diese Steuervorrichtung, in den Bildern 252 bis 254 dargestellt, besteht aus zwei Kurvenzahnrädern, einer Welle, einem Hebel mit einem auf diesem verschiebbaren Gewichte und einer Führung zur Ein- und Ausschaltung in die vorhandene Steuereinrichtung.

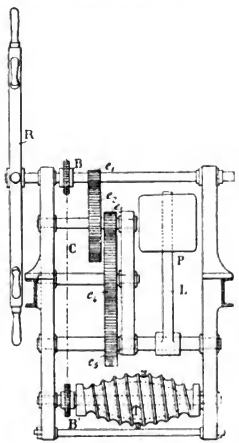


Bild 252. Patentschiffsteuer in Bordmitte.

Im Bild 252 ist zwischen zwei Ständern die übliche Schneckentrommel für die Steuerkette gelagert, welche, mit ihren Enden mit der Ruderpinne verbunden, diese nach rechts oder nach links bewegt.

Die Trommel wird mittels einer auf den Kettenrädern B und B_1 laufenden Kette durch das Steuerrad R angetrieben. Es ist dies die in der Donauschiffahrt allgemein übliche, in der Schiffsmitte zwischen den Radkästen angebrachte Handsteuervorrichtung.

Der Patentsteuerapparat wird nun an diese Steuerung in der Weise angebracht, dass auf die Welle ein Zahnrad e_1 aufgesetzt wird, welches mittels der Zwischengelege e_2 und e_3 das Kurvenräderpaar e_4 und e_5 und durch diese eine Welle antreibt, auf welcher ein Hebel L mit dem Gegengewichte P aufgekeilt ist. Wenn das Steuerruder in der Kielebene des Schiffes liegt, befindet sich der Hebel in seiner senkrechten Todtpunktlage und übt auf die Welle keine Verdrehung aus. Wird jedoch das Steuerruder mittels des Handrades gegen die eine oder die andere Bordseite gedreht, so neigt sich der Gewichtshebel nach der entgegengesetzten Richtung und übt auf das Getriebe und die Steuerräder ein Drehungsmoment aus, welches demjenigen des Ruderdruckes entgegengesetzt ist und gleichzeitig mit Letzterem wächst oder abnimmt. Hierdurch wird die ganze Steuerung nahezu vom jeweiligen Ruderdrucke entlastet und kann das Steuerrad mit einem geringen Kraftaufwand gedreht oder festgehalten werden. Das Gewicht am Hebel wird für grosse Unterschiede in der Fahrgeschwindigkeit des Schiffes entsprechend verstellt.

Bild 253 zeigt die Anbringung der Vorrichtung an einer am Achter des Dampfers oder Schleppes befindlichen Quadrantsteuereinrichtung und Bild 254

Digitized by Google

die Form des Kurvenräderpaares, sowie verschiedene, durch die Drehung des Steuerrades sich ergebende Stellungen des Gewichtshebels u. zw. in der Todtpunktlage bei 0 Grad, ferner bei 7, 14, 21 und 28 Graden, sowie wenn das Ruder ganz bis 37 Grade übergelegt ist. Im Bilde ist ferner die Krümmungslinie des Wasserdruckes auf die Ruderfläche bei den Ruderstellungen von 0 bis 37 Graden veranschaulicht.

Schleppzug mit dem Patentschiffsteuer. Aus den bisherigen Ausführungen geht klar hervor, dass gerade im Schleppzug, welcher eine stete Aenderung der Fahrrichtung, daher ein fortwährendes Steuern erfordert, rasch wirkende Steuervorrichtungen, also mechanische Steuerungen anzuwenden sind, weil hierdurch das Gieren der Schleppe vermieden werden kann, wodurch die Zugswiderstände derselben geringer, daher der Zug wesentlich wirthschaftlicher wird.

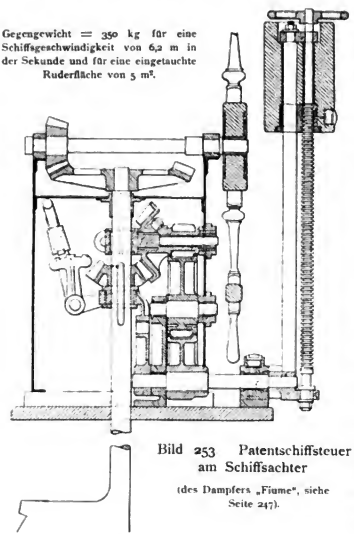


Bild 253 Patentschiffsteuer am Schiffsachter

(des Dampfers „Fiume", siehe Seite 247).

Diesem Erfordernisse entspricht das Patentschiffsteuer. Zur Bedienung desselben genügt auf den grössten Schleppen die Kraft eines Mannes. Ein Ruderblatt mit 7 bis 10 Quadratmeter Fläche, kann in 10 Sekunden um 37 Grad übergelegt werden, zu welcher Leistung auf Schleppen und Dampfern mit den alten Steuereinrichtungen die Muskelkraft von 3 und 4 Männern während 15 Sekunden erforderlich ist. Die Steuerung während der Fahrt geht daher leicht und die Schleppe führen sich ruhig und gieren nicht. Die Steuerung ist empfindlich und macht dem Steuermann bei verständiger Handhabung seichte Flussstellen fühlbar, wodurch er in der Lage ist, rechtzeitig jedem Seitendrucke des Wassers (siehe Bild 250) durch das Ruder entgegenwirken zu können.

e) Vertauung der Schleppzüge.

Lange und kurze Schlepptaue. Die Anordnung der Fahrzeuge im Schleppzuge an den Schlepptauen und untereinander ist von ebenso massgebendem Einflusse auf die Wirthschaftlichkeit eines Schleppzugbetriebes als die gute Steuerfähigkeit derselben.

Digitized by Google

In stromlosem Wasser oder in geringer Strömung werden die Schleppe immer mit gleicher Schlepptaulänge geführt. In Flussstrecken mit wechselnden und grösseren Strömungen müssen aber technische Einrichtungen geschaffen werden, welche es dem Zugdampfer ermöglichen, während der Fahrt die Schlepptaue entsprechend den stärkeren und schwächeren Sturzgefällen rasch und zuverlässig länger oder kürzer zu machen, „nachhängen" oder „einholen" zu können, weil er dadurch in der Lage ist, starke Sturzgefälle mit viel grösserer Nutzleistung zu überwinden (siehe S. 267).

Nach den bisherigen Erfahrungen der Donauschiffahrt führt man einen Schleppzug in der Bergfahrt am leichtesten, wenn die Schlepptaue lang und freibeweglich zwischen dem gezogenen Anhang und dem Dampfer sind und wenn dieselben am Dampfer und am ersten Anhangschlepp in möglichst hoher Lage, immer über der Wasserfläche schwebend, angebracht sind.

Eine noch grössere Nutzleistung zu Berg ergiebt sich, wenn die Schleppe ganz kurz hintereinander und im Kielwasser hinter dem ziehenden Raddampfer genommen werden. Dieses ist jedoch nur für eine Schleppanhangslänge durchführbar und bedingt eine tadellose Steuerfähigkeit der Schleppe.*) Diese Zugsweise ist daher mit den gewöhnlichen Steuervorrichtungen der Schleppe nur in geraden Flussstrecken durchführbar, weil in gekrümmter Fahrbahn die Schleppe im Kielwasser nicht erhalten werden können, unruhig nachfahren, dadurch ihren Kurs gegenseitig beeinflussen und dann ihre Breitseiten der Strömung und den Dampferwellen aussetzen, wodurch besonders in grösserer Strömung ein erhöhter Widerstand entsteht.

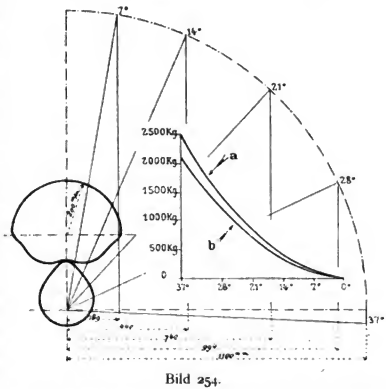


Bild 254.

a = Kurve des Maximal-Ruderdruckes (Wasserdruck auf das Ruderblatt) bei 6,2 m Schiffsgeschwindigkeit in der Sekunde.
b = Kurve des Druckes des Gegengewichtes von 350 kg bei 1,10 m Hebelhöhe.

Zweckmässige und unzweckmässige Vertauung. Beim Auflegen der Schlepptaue auf die Schleppe muss in erster Linie auf deren Steuerfähigkeit und Bestreben zum Gieren während des Zuges Rücksicht genommen werden.

Denkt man sich einen Schlepp in seiner Mitte a (Bild 255, I) an einem

*) Die diesbezüglichen Zugproben sind übrigens derzeit im Zuge.

Digitized by Google

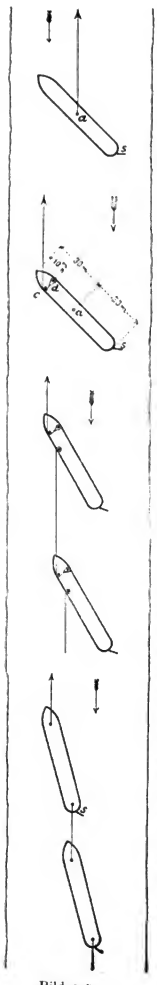


Bild 255.

Tau befestigt, so wäre diese Befestigung geradezu gefährlich, weil sich der Schlepp bei geringster Drehung des Steuerruders und schon durch geringe Richtungsänderung der Stromfäden quer gegen den Strom stellen und umdrehen würde. Der Schlepp hat in dieser Lage seine grösste Giersucht, er wird, wie der Donauschiffer sich ausdrückt, sofort überfällig und kann daher mit dieser Intaunahme nicht geführt werden.

Wird dagegen das Tau ganz am Bugende des Schleppes befestigt, so erhält derselbe zwar die ruhigste Hängelage, verliert aber die zur Fahrt durch seichte Stellen und Krümmungen notwendige nützliche Gier- und Steuerfähigkeit.

Aus diesen zwei Extremen folgt, dass der vom Standpunkte der Steuerfähigkeit für den Zug günstigste Befestigungspunkt des Schlepptaues in der Mitte zwischen diesen Stellen liegt; weil dieses aber aus baulichen Rücksichten nicht immer möglich ist, so giebt man dem Tau im Vordertheil einen Auflaufpunkt c und einen Fixpunkt d, welcher obigem Befestigungspunkte möglichst nahe kommt. (Bild 255, II.) Ein Drehen des Steuerruders s nach rechts genügt in diesem Falle, um einen schräggelaufenen Schlepp sofort wieder parallel zum Stromstriche aufstellen zu können.

Wenn man nun die übrigen Schleppe eines Anhanges an den ersten Schlepp in der Weise befestigt, dass jeder für sich die gleiche Beweglichkeit wie der erste Schlepp in Bezug auf den Dampfer hat, so erreicht man einen gut zu führenden, wenig und nur nützlich gierenden Schleppzug (Bild 255, III), mit welchem auch kritische Flussstellen sicher durchfahren werden können, während es keiner weiteren Erläuterung bedarf, dass die im Bilde 255, IV dargestellte Intaunahme eine unzweckmässige ist, weil bei dieser auch bei starker Aufstellung des Ruders s nach rechts, der zweite Schlepp dem ersten eine Geradestellung in den geraden Kurs, parallel zu den Stromfäden ausserordentlich erschwert.

Alle Schleppe eines Anhanges sollen daher, so wie es III veranschaulicht, freibeweglich und ohne dass sie ihre Steuerfähigkeit gegenseitig behindern, aneinandergereiht werden und der erste, der führende Schlepp soll, soweit es die Stromverhältnisse nur zulassen, an einem langen Schlepptaue geführt werden.

Hierdurch wird es dem Schleppanhang ermöglicht,

Digitized by Google

ausserhalb der schädlichen Dampferwellen zu fahren und sich eine freie Steuerfähigkeit zu erhalten. Im Donaubetriebe werden deshalb die Drahtschlepptaue in der Bergfahrt derart befestigt, dass zwischen dem vordersten Schleppe des Anhanges und dem Zugdampfer ein Abstand von mindestens 150 m ist. Nur in kritischen engen Stromstrecken werden die Taue kürzer genommen, oft auch mittels eines zweiten Taues niedergebremst, wodurch jedoch die Fortgangsgeschwindigkeit des Zuges vermindert wird.

In der Thalfahrt beträgt der Abstand zwischen Schlepp und Dampfer 50 m und auf schwierigen Strecken werden die Schlepptaue in Kreuzform gelegt.

Die Reihenfolge, in welcher die Schleppkähne geführt werden, richtet sich nach ihrem Tiefgang und Grösse. Der am tiefsten getauchte wird am Schlepptau geführt, die übrigen nach Massgabe ihrer Tauchung und Grösse einer hinter dem anderen angehängt. Der Abstand zwischen den einzelnen Schleppkähnen muss so gross sein, dass der Achter des vorderen und der Bug des rückwärtigen, ohne sich zu beschädigen, leicht an einander vorüber können (siehe Bild 255, III). Dabei ist darauf zu achten, dass ebenso wie die Schlepptaue, auch die übrigen Anhängetaue möglichst hoch befestigt und mit ihren Mittelbögen nicht unter Wasser kommen, weil jeder unter Wasser befindliche Seilbogen, besonders wenn er schräg zur Strömung gezogen wird, einen Widerstand erzeugt.

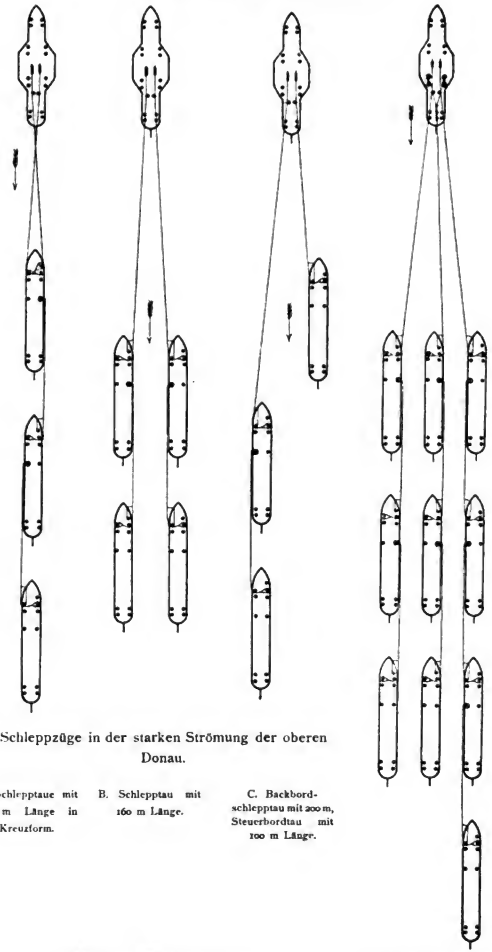
Das Zukuppeln von Schleppen an die Dampferseiten und untereinander ist eine Intaunahme, welche in der Bergfahrt unter allen Umständen vermieden werden muss, weil sich hierdurch der Widerstand des Schleppzuges sehr vergrössert. Man darf deshalb Zukuppelungen nur dort anwenden, wo sie durch die Stromverhältnisse, beispielsweise durch eine enge kritische Durchfahrt nicht zu vermeiden sind.

Berg- und thalfahrende Donauschleppzüge. Im Donaubetriebe werden nur in scharfer Strömung oder bei grösserem Anhange im Bergzuge zwei Schlepptaue, zumeist Drahttaue von 80 mm Umfang, sonst aber nur eines für jede Schleppanhangslänge verwendet. Das Fahrzeug, welches am Schlepptau geführt wird, bezeichnet man als „Seilschlepp", die an diesem angehängten Fahrzeuge als „Aufgeklampfte". Die Taue, mit welchen die Aufgeklampften untereinander und mit den Seilschleppen verbunden sind, heissen „Aufklampfseile" und haben eine Länge von 110 m bei einem Umfang von 70 mm. Je nach Bedarf wird das Schlepptau „eingelegt" oder „aufgelegt", d. h. vom Dampfer und vom Schleppe auf denselben oder auf den entgegengesetzten Bordseiten befestigt.

Um einen Bergzug bei Niederwasser in engen und steilgekrümmten Thalwegen leichter in der Fahrrichtung erhalten zu können oder um der Wendung des Dampfers nachzuhelfen, werden die Schlepptaue mittels Seilbögen, die an den Achterbüffeln des Dampfers befestigt und angezogen werden, niedergebremst. (Siehe Bild 246.)

Im Thalzuge werden die Anhänge an kurzen Seilen geführt und auch längs der Borde des Dampfers zugekuppelt. Jeder an der Bordseite des Dampfers gekuppelte Schlepp bekommt vorne eine „Strupfe", die von den

Digitized by Google



Schleppzüge in der starken Strömung der oberen Donau.

A. Schlepptaue mit 100 m Länge in Kreuzform.

B. Schlepptau mit 160 m Länge.

C. Backbordschlepptau mit 200 m, Steuerbordtau mit 100 m Länge.

Bild 256. Bergschleppzüge.

D. Schleppzug auf der mittleren und unteren Donaustrecke.
Schlepptaue mit 160 m Länge.

Digitized by Google

vorderen Büffeln (Boller) des Dampfers auf den mittleren Schleppbüffel eingelegt und mit welcher der Schlepp gezogen wird. (Siehe auch Seite 382, Bild 242.)

Im Bilde 256 sind 4 Bergschleppzüge im Donaubetriebe dargestellt. Von den Schleppzügen A und B liefert der letztere ein verhältnismässig wirtschaftlicheres Ergebnis, weil seine Schlepptaue länger und freibeweglicher als jene des ersteren sind. Schleppzug C ermöglicht eine grosse Beweglichkeit der einzelnen Schleppe, erfordert jedoch eine besondere Aufmerksam-

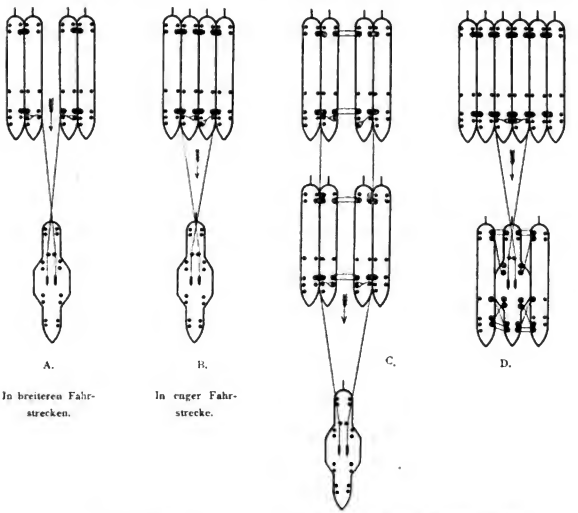


Bild 257. Thalschleppzüge.

keit in der Führung des Anhanges. D veranschaulicht einen grossen bergfahrenden Schleppzug in drei Schlepplängen auf der mittleren und unteren Donau. Wenn dieser Anhang in zwei Reihen zu je 5 Schleppen hintereinander genommen wird, so entsteht ein geringerer Zugswiderstand, als wenn er, so wie am Bilde, in drei Reihen geführt wird. Die einzelnen Anhangslängen sollen immer parallel und nicht zu nahe aneinander fahren. Durch Unachtsamkeit des Kapitäns und der Schleppsteuerleute nehmen jedoch die Anhangslängen bald eine schiefe, keilförmige Lage an, bei welcher die letzten Schleppe die Keilspitze bilden und nun den Abfluss des vom Dampfer thalwärts-

Digitized by Google

strömenden Wassers behindern, welches sich nun zwischen den letzten Schleppen staut und den Zugswiderstand vergrössert.

Bild 258. Bergwärts schleppender Zugdampfer.

(Czernatyp mit schrägliegender Ein-Cylinder-Maschine von 420 i. HP und 0.90 m Tiefgang für das Hofkirchener Kachlet.)

Bild 259. Bergschleppzug auf der oberen Donau mit 3 Schleppen.

Im Bilde 257 zeigt A einen wirthschaftlichen und B einen unwirthschaftlichen Thalschleppzug der oberen Donaustrecke. C veranschaulicht einen wirth-

Digitized by Google

schaftlichen Thalzug auf der mittleren und unteren Donau und D den denkbar ungünstigsten Schleppzug, weil dieser in der dortigen geringen Thalströmung einen sehr grossen Widerstand erzeugt.

Bild 260. Bergschleppzug auf der unteren Donau. (Unwirthschaftlicher Zug.)

Bild 261. Mit der Strömung lavirender Thalschleppzug der oberen Donaustrecke.

In den Bildern 258 bis 264 sind verschiedene Donauschleppzüge dargestellt.

Digitized by Google

Grösse und Fortgangsgeschwindigkeit der Donauschleppzüge. Die Anzahl der in einem Zuge zu Thal oder zu Berg geschleppten Fahrzeuge ist je nach den schiffahrtlichen Verhältnissen, der Strömung und den jeweiligen Wasserständen verschieden. In der grossen Strömung der oberen Donaustrecke werden zu Thal in der Regel 4 Schleppe, hiervon einer oder zwei

Bild 262. Thalschleppzug auf der mittleren Donau durch einen Schraubendampfer.

am Dampfer zugekuppelt, geführt und muss der Dampfer an schlechten Fuhrten, und in Stromengen den Anhang theilen und zweimal fahren. Bei guten Wasserständen werden auch 6 Schleppe, 3 beladene und 3 leere in einem Zuge

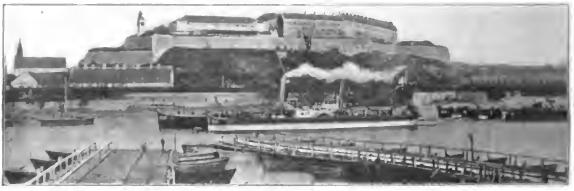


Bild 263. Thalschleppzug auf der mittleren Donau. (Schiffsbrücke bei Peterwardein-Neusatz.)

geschleppt. In der Bergfahrt zieht ein Dampfer von 600 i. HP 3 beladene 600 Tonnenschleppe.

In den gemässigten Strömungen der mittleren und der unteren Donau nimmt ein Zugdampfer so viel Schleppe zu Thal, als ihm die jeweiligen Wasserstandsverhältnisse gestatten. Seine Geschwindigkeit darf

Digitized by Google

aber unter 7 km in der Stunde nicht sinken, damit er zur Wendung ausreichend Zugkraft behält. In der Regel werden von einem starken Dampfer zu Thal 10 Schleppe genommen, jedoch gehören Thalanhänge von 20 Fahrzeugen nicht zu den Seltenheiten. In der Bergfahrt schleppt ein Dampfer von 600 i. HP 8 bis 10 beladene 600 Tonnenschleppe und leistet damit 6000 bis 6500 Tonnen Nutzlast, was einer Leistung von etwa 20 Eisenbahngüterzügen oder dem Tonnengehalte eines grossen Seedampfers entspricht.

Die Zugsgeschwindigkeit zu Thal beträgt je nach der Grösse des Anhanges und der Stromgeschwindigkeit zwischen 7 bis 18 km, jene zu Berg zwischen 4 bis 5 km in der Stunde. Eine Fortgangsgeschwindigkeit von mindestens 4 km im Bergzuge muss man besonders auf Strecken mit starker Strömung dem Zugdampfer belassen, weil derselbe bei Ueber-

Bild 264. Segler im Schlepptau auf der unteren Donau.

setzen des Stromes oder bei Durchfahrt kritischer Flussstellen, überhaupt immer in dem Falle, wenn die Schleppe quer zum Stromstriche zu liegen kommen, von seiner Fortgangsgeschwindigkeit oft mehr als die Hälfte verliert. Bei einem geringeren Fortgange als 2 km verlieren aber die Schleppe ihre Steuerfähigkeit, kommen in heftiges Gieren und können sich dann in Wechselströmungen gegenseitig beschädigen.

Was die Zusammenstellung von Schleppzügen auf anderen Flüssen und auf Kanälen betrifft, so liegen bisher nur wenig Mittheilungen vor.

Rheinschleppzug. (Bild 265 und 266) Am Rhein ist es üblich, in der Bergfahrt jedem Schleppe ein Schlepptau zu geben. Diese Gewohnheit ist dadurch entstanden, dass Zugdampfer und Schleppe zumeist verschiedene Eigner besitzen, erstere gegen einen bestimmten Schlepplohn den Zug ver-

Digitized by Google

mitteln und fordern, dass jeder Kahn sein Schlepptau habe, was in der Donauschiffahrt nicht der Fall ist.

Bild 265. Rheinschleppzug bei Köln.

Bild 266. Thalfahrender Rheinschleppzug.

Die Schleppe fahren gewöhnlich stufenweise hintereinander. Zu Thal werden die Schleppe zu zweien nebeneinander gekuppelt und bekommen

Digitized by Google

entweder die ersten zwei Schleppe vom Dampfer das Tau, während sich die nachfolgenden Paare an die Achter des ersten Paares anhängen, oder aber es bekommt jedes Schleppaar vom Dampfer ein Tau.

Die Länge der Schleppzüge ist am Rheine nur für die Gebirgsstrecke St. Goar-Bingen beschränkt, auf welcher zu Berg nicht mehr als drei hintereinander und zu Thal nicht mehr als vier Schleppe, je zwei zusammengekuppelt, geführt werden dürfen. Im übrigen dürfen auf der ganzen Rheinstrecke nicht mehr als zwei Schleppe nebeneinander gekuppelt werden. In der Bergfahrt werden die einzelnen Kähne in der Regel 40 m hintereinander geschleppt, in der Thalfahrt jedoch nur 15 bis 20 m lang genommen.

Bild 267. Thalschleppzug auf der unteren Elbe.

Ein Schleppdampfer von 600 ind. HP zieht bei normalem Wasserstande, + 2,50 m Kölner Pegel, zu Berg 2500 Tonnen Nutzlast, von Düsseldorf nach Köln, 55 km, in 12 Stunden. Auf der Rheinstrecke von Antwerpen oder Rotterdam nach Mannheim werden jedoch Bergzüge mit 4000 bis 5000 Tonnen Nutzlast gefahren und legt der Zugdampfer diese 565 bezgw 671 km lange Strecke in 8 bis 10 Tagen zurück.

Elbeschleppzug. (Bild 267.) Auf der Elbe ist der Schleppbetrieb zu Berg von Hamburg bis Aussig-Melnik in 4 Schleppstrecken eingetheilt: Hamburg bis Magdeburg, Magdeburg bis Dresden, Dresden bis Schandau und Schandau bis Aussig-Melnik.

Zwischen Aussig-Melnik und Prag besorgen kleine Raddampfer von 250 ind. HP. den Schleppzug.

Von Hamburg nach Magdeburg schleppen die grossen Zugdampfer

Digitized by Google

mit 600 bis 700 i. HP mit einer Fortgangsgeschwindigkeit von 3,5 bis 5 km in der Stunde, bei gutem Wasserstande 8 Schleppe mit 3000 bis 3400 Tonnen, bei Niederwasser 10 Schleppe mit 2000 bis 2800 Tonnen. Die kleineren Dampfer von 450 i. HP ziehen 4 bis 5 Schleppe mit 1500 Tonnen Nutzlast.

Von Magdeburg bis Dresden werden meist kleinere Schleppdampfer mit 450 i. HP verwendet, welche bei gutem Wasserstande 2 bis 3 beladene und 2 bis 3 leere Schleppe mit 800 bis 1000 Tonnen, bei Niederwasser 4 beladene und 2 bis 3 leere Schleppe mit 700 bis 800 Tonnen Nutzlast ziehen.

Zwischen Dresden und Schandau können wegen der geringen Fahrjochbreite der Augustusbrücke bei Dresden und wegen der dortigen scharfen Strömung, insbesondere bei Hochwasser, die grossen Elbekähne mit 1000 Tonnen Tragfähigkeit von Raddampfern nur mit halber Ladung durch die Brücke geschleppt und müssen vollbeladen durch Kettendampfer gezogen werden. Ebenso wird zwischen Schandau und Aussig der dortigen starken Stromschnellen wegen der Kettenbetrieb vorgezogen.

Auf der oberen Elbe werden Schleppe zu Thal äusserst selten vom Dampfer gezogen, sie treiben fast immer mit der Strömung. Von Aussig dürfen nur 1 beladener, von Magdeburg nur 2 bis 3 beladene Schleppe zu Thal geführt werden. Von Magdeburg bis Hamburg besteht der Thalanhang je nach den Wasserständen aus 3 bis 6 Schleppen. Zu Thal werden die Schleppe jeder einzeln in grossem Abstande, der letzte bis 180 m vom Dampferachter entfernt, nur mit Hanftauen geführt, während in der Bergfahrt auch Drahttaue verwendet werden.

Der Bergschleppzug wird zumeist so angeordnet, dass der erste Schlepp vom Dampfer das Schlepptau bekommt, welches um einen in der Mitte des Schleppbuges angebrachten Kloben, Schleppbock, herumgelegt ist, während sich die übrigen Schleppe einer auf den anderen ganz kurz mittels Kreuzseilen befestigen. Der erste Schlepp hängt 50 m vom Dampferachter entfernt. In dieser Weise werden Anhänge aus je 3 bis 5 Schleppen gebildet. Ist ein grösserer Anhang zu schleppen, so wird dem ersten Schlepp ein zweiter zugekuppelt und mit diesem ein zweiter Schleppzug gebildet.

Oderschleppzug. Auf der Oder werden zu Berg, je nach der Dampferstärke, 3 bis 9 Schleppe mit zusammen 600 bis 2000 Tonnen Nutzlast geschleppt. In der Regel werden je drei Schleppe aneinandergehängt, und in zwei Längen geführt. Bei Schleppzügen mit mehr als 6 Fahrzeugen, sind die übrigen den ersten Schleppen zugekuppelt. Jeder erste Schlepp erhält ein Schlepptau vom Dampfer und hängt 40 bis 50 m vom Dampferachter entfernt. Leere Schleppe werden je nach ihrer Grösse zu 10 bis 15 Stück in einem Zuge geschleppt. Die ersten zwei erhalten vom Dampfer die Schlepptaue, die übrigen werden zu zweien aneinander gekuppelt und hintereinander gehängt.

Oberhalb Breslau beträgt ein Thalzug leerer Schleppe höchstens 8 Stück, welche in sechsmaligen Schleusungen durchgeschleust werden. Im Thalzuge hängen die ersten Schleppe bis 100 m vom Dampferachter entfernt, die übrigen sind an die ersten in 40 m Entfernungen befestigt. Die Thalfahrtgeschwindigkeit beträgt 8 bis 10 km in der Stunde.

Digitized by Google

Die Länge eines Bergzuges darf nach strompolizeilicher Vorschrift insgesammt 450 m nicht überschreiten. Die Fortgangsgeschwindigkeit derselben schwankt zwischen 3 bis 4 km in der Stunde.

Schleppzug auf der Rhône und der Seine. Die Zusammenstellung der Schleppzüge im Tauereibetriebe der Rhône zeigt Bild 230, Seite 336. Auf der Seine werden die Fahrzeuge in der im Bilde 268 dargestellten Weise gezogen.

Der Schleppzug C, welcher für geradere Strecken, gleichmässige und geringe Stromgeschwindigkeiten oder in stromlosem Kanalwasser praktisch ist, ist deshalb wirthschaftlich, weil bei dieser Anordnung die Steuerruder herausgenommen sind, wodurch die Widerstände der Steuerruderflächen entfallen.

De Mas*) weist nach, dass der Gesammtwiderstand der 3 Kähne bei der Schleppzugsart A gleich ist der Summe der Widerstände, welche sich ergab, wenn jeder Kahn einzeln geschleppt wurde, dass die Zugsart B mit Kreuzseilen, je nach der angewandten Geschwindigkeit, einen um 10 bis 15 pCt. geringeren Gesammtwiderstand als die Summe dieser Einzelwiderstände ergiebt und endlich, dass bei C sich durch die Herausnahme der Ruder 15 bis 24 pCt. weniger Widerstand ergeben. Es muss jedoch ausdrücklich bemerkt werden, dass es sich hier nur um Zugsverluste durch entstehende grössere Formwiderstände infolge ungünstigerer Vertauung oder mangelhafter Steuerung der Schleppe handelt, und dass es bezüglich der Oberflächen- oder Reibungswiderstände nahezu gleichgiltig ist, wie die Schleppe gezogen werden. Bezüglich dieses Oberflächenwiderstandes ist die Summe der Widerstände von 3 Schleppen, wenn jeder derselben einzeln gezogen wird, immer gleich dem Widerstande, welcher sich ergiebt, wenn dieselben in einem Zuge auf einmal geschleppt werden.

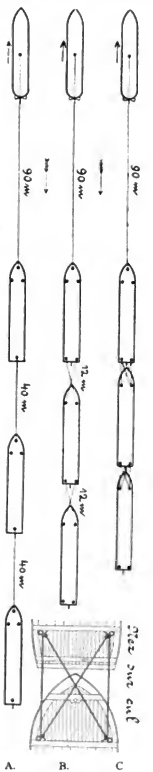


Bild 268.
Seineschleppzüge.

Schleppzüge am Ohio und Mississippi. In eigenartiger Weise werden oft die Thalschleppzüge am Ohio und Mississippi ausgeführt. Es werden 20 bis 30 Kähne mit zusammen 20 000 Tonnen Kohle in einer Masse zusammengekuppelt und vom Dampfer von rückwärts in der im Bilde 269 dargestellten Weise geschoben. Hierdurch sollen die Zugskosten bei einer Beförderungsentfernung von 3100 km bis auf 0,10 Heller für das Tonnenkilometer sinken.

Jedenfalls ist diese Zugsart eine nur unter besonders günstigen Stromverhältnissen anwendbare und kann nur in grossen Strombreiten ausgeführt werden.

*) Recherches expérimentales sur le matériel de la batellerie.

Digitized by Google

Schleppzüge auf den Flüssen Aire und Calder. Auf den englischen Flüssen Aire und Calder wird Kohle oder Erz in kleinen, 40 Tonnen tragenden Holzkästen, von denen je 6 bis 12 zu einem gegliederten

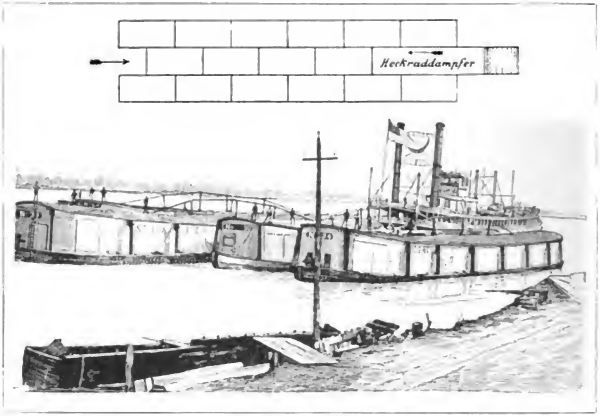


Bild 269. Zusammenstellung eines Schleppzuges am Mississippi und Ohio.

Schiffszuge vereinigt sind, befördert und deren Inhalt im Hafen von Goole durch Umstürzen unmittelbar in die Seeschiffe geschüttet.

Diese Gliederschiffe (Bild 270) sind je 6,1 m lang, 4,9 m breit, 2,3 m

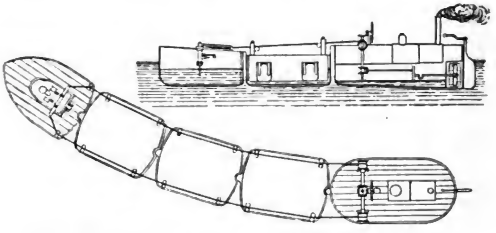


Bild 270. Schleppzug am Aire und Calder. (Gliederschiffe.)

hoch und haben 1,6 m Tiefgang. Sie sind an der Vorder- und Rückseite etwas abgerundet, mit Federpuffern versehen und werden in ihrer Mitte durch Schlussbolzen und Keile zusammengehalten. Am hinteren Ende des Zuges befindet sich ein Schraubendampfer, das vordere Ende wird durch ein mit

Digitized by Google

Wasser gefülltes, spitz zulaufendes Kopfstück gebildet. Die Vorrichtung zum Krümmen des Zuges befindet sich auf dem Dampfer, von welchem Drahtseile nach rechts und links über den ganzen Zug laufen und auf dem Kopfstück mit einer Vorrichtung zur Regelung der Spannung versehen sind. Der bis 80 m lange Zug bildet einen einzigen, den Krümmungen der Wasser strasse sich anschmiegenden Körper zu dessen Bedienung vier Mann genügen. Grössere Verbreitung hat diese sinnreiche Einrichtung deshalb nicht gefunden, weil die gegliederten Züge nur bei ruhigem Wetter ohne Anstand geführt werden können.

Schleppzug auf kanalisirten Flüssen. Die Grundsätze, welche für den Schleppzug auf Flüssen und Strömen massgebend sind, sind auch für den Schleppzug auf kanalisirten Flüssen giltig. Besonders beachtenswerth ist in dieser Beziehung der Schleppzug auf der kanalisirten Seine, welcher durch kleine Schraubendampfer mit sehr wirthschaftlichen Kosten ausgeübt wird und gegenüber welchem der dortige Tauereibetrieb, obwohl er als der bestgeregelte dieser Art zu bezeichnen ist, einen schweren Stand hat, weil die Vortheile des Kettenschiffes in der auf einem kanalisirten Flusse zumeist nur geringen Stromgeschwindigkeit nicht zum Ausdrucke gelangen können. Nur wenn bei Hochwasser die Wehre niedergelegt werden, ist in der dann bedeutend stärkeren Strömung der Tauereibetrieb vortheilhafter.

Digitized by Google

13. Abschnitt.

Schleppzug auf Kanälen.

a) Allgemeine Erfordernisse für einen wirthschaftlichen Schleppzug auf Kanälen.

Schleppzug in Kanalkrümmungen und bei Kreuzungen. Die Bedingungen, welche der Schiffer zu erfüllen hat, um den Schleppzug auf Flüssen und Strömen wirthschaftlich zu gestalten, müssen sinngemäss auch auf den Kanalbetrieb übertragen werden.

Der Kanalschleppzug wird in erster Linie durch die im engbegrenzten Kanalquerschnitte auftretenden Bewegungswiderstände beeinflusst. Im Allgemeinen stellt derselbe jedoch die einfachste Betriebsart dar. Die geschleppten Fahrzeuge können, wenn sie eine wirksame Steuervorrichtung haben, innerhalb geringer Zugsgeschwindigkeiten unschwer im geraden Kurse hintereinander erhalten werden, weil dieser nicht so wie im Flusse von wechselnden Strömungen beeinträchtigt wird. Besondere Aufmerksamkeit erfordert der Kanalschleppzug nur bei Kreuzung zweier Züge, besonders in den Krümmungen. In jeder Kanalkrümmung ist der Zugswiderstand selbstverständlich grösser, als in gerader Kanalstrecke, und wird derselbe um so grösser, je kleiner der Krümmungshalbmesser ist, weil die Schleppe durch die steileren Krümmungen mit grossen Breitseitenflächen gezogen werden müssen.

Ebenso nimmt der Zugswiderstand während der Kreuzungen von Schleppzügen zu. Nachdem ferner bei jeder Kreuzung der Dampfer seine Fortgangsgeschwindigkeit mindestens 50 m vor dem ihm entgegenkommenden Schleppzuge um die Hälfte vermindern muss und die ursprüngliche Geschwindigkeit erst wieder annehmen kann, wenn er den letzten Schlepp des begegnenden Zuges überfahren hat, so verringert sich durch jede Schiffskreuzung die Fortgangsgeschwindigkeit nicht unwesentlich.

Kanalzugsgeschwindigkeit. Zugsgeschwindigkeiten von über $4\frac{1}{2}$ km in der Stunde sind in der Kanalschiffahrt nicht zulässig, weil die Widerstände mit zunehmender Geschwindigkeit in dem engen Kanalprofile rasch steigen, ferner die Schleppe dann in entsprechender Kursrichtung nicht erhalten werden können.

Die Erscheinung, dass bei grösserer Geschwindigkeit die Schleppe dem ziehenden Dampfer in geradem Kurse nicht mehr folgen können, tritt im Kanalquerschnitte um so mehr auf, als mit den derzeitigen Handsteuerungen den durch die Bugwellen vom Kanalufer aus entstehenden Stauwellen wirksam nicht entgegengesteuert werden kann, der Schlepp daher während des Zuges

Digitized by Google

bald in eine Querlage zur Kanalachse geräth und nicht selten Gefahr läuft, an die gegenüberliegende Kanalböschung aufzulaufen.

Steuerfähigkeit der Kanalschleppzüge. Die im Auftrage der preussischen Regierung 1899 auf dem Dortmund-Ems-Kanale durchgeführten Widerstandsversuche haben diese Erscheinung klargelegt.*)

Seite 30 dieses Werkes wird erwähnt, dass im Kanale bei Zugsgeschwindigkeiten von über 1,5 m in der Sekunde und bei 2,00 m Schlepptiefgang die Fahrrichtung eines scharf gebauten Lloydkahnes von 600 Tonnen Tragfähigkeit kaum erhalten werden konnte. Bei schnellerer Fahrt mussten die Ruder fortwährend von Bord zu Bord gelegt werden, um das stets nach einem oder dem anderen Ufer sich hinwendende Schiff vor Festlaufen in die Böschungen zu bewahren.

„Die unruhigen Bewegungen des Schiffes machten es schon bald nach Beginn der Fahrt unmöglich, das Schiff, wenn es unmittelbar vom Ufer abgegangen war, mittels des Ruders in die Mitte des Kanales zu bringen und darin zu erhalten. Nur durch sehr schnelles Ueberlegen des Ruders von hart Steuerbord nach hart Backbord oder umgekehrt konnte das Schiff vor Einlaufen in die Ufer bewahrt werden."

Seite 76 wird auf die Schwierigkeiten beim Steuern hingewiesen. Es wird erwähnt, dass selbst bei Geschwindigkeiten von nur 1 m in der Sekunde und 1,50 m Tiefgang es Anstrengungen der Rudersleute erforderte, das gezogene 600 Tonnenschiff „Emden" aus seiner Ruhelage an der Seite des Kanales in die Kanalmitte zu bringen. Während des Zuges war grosse Aufmerksamkeit nothwendig, um die Mittellage beizubehalten. „Diese Erscheinungen steigerten sich mit Zunahme der Geschwindigkeit sowohl, wie des Tiefganges und machten es nöthig, dass die sämmtlichen Schiffe des Schleppzuges vor Beginn der Fahrt in die Kanalmitte gelegt werden mussten. Trotzdem gelang es, nur in verhältnismässig wenigen Fällen bei Durchfahren der Versuchsstrecke die Kanalmitte auch nur annähernd genau innezuhalten. Die Bemühungen, die Versuchsschiffe durch Steuern in der Mittellinie des Kanales zu erhalten, waren nicht allein bei Vergrösserung der Geschwindigkeiten von geringem Erfolge, sondern es wuchs dabei auch die Schwierigkeit, sie mittels des Ruders wenigstens den Ufern parallel liegend zu erhalten. Immer grösser wurden die Winkel, welche die Schiffslage mit ihnen bildete, so dass der Schleppdampfer durch seitliches Abbiegen den richtigen Kurs wieder herzustellen versuchte, was auch nicht immer gelang."

Seite 78 wird unter der Aufschrift „Wirkung des Ruders wird ungenügend" ganz richtig nachgewiesen, dass die Ursache der Zusammenstösse von Schiffen in der Flussschiffahrt und Kanalschiffahrt nicht selten in der ungenügenden Steuerfähigkeit der geschleppten Kähne liege, ferner erwähnt, dass es oft unmöglich ist, einen Schleppkahn vom Absetzen vom Ufer zu bewahren. Endlich wird gefolgert, dass bei einer Fahrgeschwindigkeit von $4^1/_2$ bis höchstens 5 km in der Stunde in einer Kanaltiefe von 2,5 m mit keiner grösseren Schlepptauchung als 1,80 m gefahren werden kann.

*) „Schiffswiderstand und Schiffsbetrieb", Baurath R. Haack, Berlin 1900.

Digitized by Google

Es muss demnach aus den Ausführungen dieses mit grosser Sorgfalt gearbeiteten Werkes die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die ungenügende Steuerfähigkeit der Fahrzeuge den Kanalschleppzug sehr ungünstig beeinflusst und dass diese Erscheinungen auch schon bei geringeren Zugsgeschwindigkeiten, wenn auch nicht so grell, auftreten. Nachdem auch in der Donauschiffahrt, besonders bei Niederwasser (siehe Abschnitt 11) die gleichen, durch unwirksame Steuerungen eintretenden Erschwernisse beobachtet wurden, kann nur nochmals darauf hingewiesen werden, auch im Kanalschifffahrtsbetriebe die grösseren Schleppkähne mit wirksamen Steuerungsvorrichtungen, welche im gegebenen Falle ein rasches Umlegen des Ruders ermöglichen, auszurüsten, wodurch diese auf Rechnung der Zugskosten gehenden Nachtheile wesentlich gemildert werden.

Einfluss des Kanalquerschnittes und der Kanalform auf den Zugswiderstand. Wenn die Zugskosten der Flussschiffahrt durch die Verfassung des Flusslaufes, durch die verwendeten Zugsmittel, sowie durch die Zugsart bedingt sind, so sind die Zugskosten des Kanalbetriebes nicht nur vom angewendeten Zugsystem, sondern in erster Linie vom Kanalquerschnitte, und dann von der Form und dem Zustande des Kanalbettes abhängig.

Je grösser der Kanalquerschnitt im Verhältnisse zum eingetauchten Querschnitte der ihn befahrenden Schiffe ist, umso geringer wird der Zugswiderstand, umso wirthschaftlicher der Kanalbetrieb, weshalb ein entsprechend grosser Kanalbettquerschnitt überall angestrebt wird. Hierdurch steigen aber die Baukosten des Kanales bedeutend. Es steht demnach das Bestreben, die Baukosten des Kanales möglichst niedrig zu halten, mit der Forderung nach einem wirthschaftlichen Betrieb im Gegensatze, und man kann deshalb über ein bestimmtes Verhältnis des Kanalquerschnittes zum Schiffsquerschnitte nicht gehen.

Von diesem Grundsatze ausgehend, wurde in folgender Zusammenstellung versucht, den wirthschaftlich vortheilhaftesten Werth von $\frac{\text{Kanalquerschnitt}}{\text{Schiffsquerschnitt}} = n$ für einen 600 Tonnenschlepp, dessen grösster benetzter Querschnitt 14,55 m² beträgt, zu bestimmen:

Sohlenbreite des Kanales bei 2,10 m Tiefe und einer Böschungsanlage 1 : 2	Benetzter Kanalquerschnitt W	Benetzter Schiffsquerschnitt w	Verhältniszahl n $\frac{W}{w}$	Widerstand des Schleppes zwischen 4—5 km Todtwassergeschwindigkeit
	m²			kg
15	40,32		2,77	1800
20	50,40		3,46	1000
25	61,32	14,55	**4.13**	600
30	71,82		4,94	400
40	92,82		6,37	260

Nachdem nun die Baukosten des Kanales mit der Zunahme seiner Abmessungen in Folge der Kosten für Grunderwerb, Erd- und Dichtungs-

Digitized by Google

arbeiten, sowie Wasserbeschaffung ausserordentlich steigen, die Zugskosten aber, wie die Darstellung zeigt, über $n = 4{,}15$ im Verhältnisse zu den grösseren Werthen von n nicht mehr wesentlich abnehmen, so braucht man über einen vierfachen Kanalquerschnitt zum Schiffsquerschnitte nicht zu gehen.

In welcher Weise dieser 4fache Kanalquerschnitt gegeben wird, ist jedoch nicht gleichgiltig. Bei 600 Tonnenschleppen muss bei über 4 km Zugsgeschwindigkeit zwischen dem Schiffsboden und der Kanalsohle eine Entfernung von 40 cm, bei unter 4 km eine solche von mindestens 30 cm sein. Ueber $4^1/_2$ km Zugsgeschwindigkeit kommen im Kanalbetriebe nicht zur Anwendung. Beim Bau des Kanales muss man daher bedacht sein, dass diese Mindestschwimmhöhe des Schleppes unter allen Umständen vorhanden sei und man soll auch deshalb wegen den eintretenden Verschlemmungen der Kanalsohle diese immer etwas tiefer, als wie geplant legen.

Nachdem aber die Baukosten weniger mit Zunahme der Tiefe als mit Zunahme der Wasserspiegelbreite wachsen, so ist man bestrebt den Kanal in der Sohlenbreite schmal zu machen und dafür in die Tiefe zu gehen. Mit Rücksicht auf den Zugswiderstand bei Kreuzungen von Schleppzügen und auf die Fahrt durch Krümmungen erscheint es dagegen vortheilhafter, den nothwendigen Kanalquerschnitt mehr der Breitenabmessung nach zu nehmen. Dieses ist besonders dann anzustreben, wenn die mit dem Kanale in Verbindung zu bringenden Flüsse geringere Fahrtiefen, dagegen wesentlich grössere Fahrbreiten als der Kanal haben. Die für den Kanal in Aussicht genommene Tragfähigkeit der Schleppe wird aber dadurch nicht beeinträchtigt, weil man durch entsprechende Baulinien innerhalb gewisser Grenzen, ohne dass der Eigenwiderstand erhöht würde, die geforderte Tragfähigkeit auch dann erreichen kann, wenn man die Schleppkörper in ihren Querschnitten etwas breiter machen muss.

Diese Verhältnisse müssen beispielsweise bei den zukünftigen österreichischen Kanalanlagen erwogen werden, welche für 600 Tonnenschleppe mit 1,80 m Tauchtiefe geplant sind, obwohl die derzeitige geringste Donautiefe innerhalb der österreichischen Grenzen bei Niederwasser nicht mehr als 1,40 m und jene der oberen Elbe und Oder noch weniger beträgt.

Es ist deshalb zu erwägen, ob es nicht günstiger wäre, die Tiefe der geplanten Kanäle geringer zu bemessen, den nothwendigen vierfachen Kanalquerschnitt aber dafür durch eine grössere Sohlenbreite herzustellen. Allerdings wird dieser Wunsch nur schwer mit der Frage der Baukosten der Kanäle in Einklang zu bringen sein.

Was den Einfluss der Form des Kanalprofiles auf den Zugswiderstand betrifft, so wurden in dieser Richtung bisher zu wenig Versuche in der Natur gemacht, um einen sicheren Schluss ziehen zu können. Engels in Dresden hat Modellversuche in verschieden gestalteten Profilen von 0,235 m^2 durchgeführt und kommt zu dem Ergebnis, dass von den im Bilde 271 dargestellten Querschnitten das Profil I den geringsten, II mehr als I, III mehr als II und endlich IV den grössten Widerstand erzeugt.

Engels benutzte zu seinen mit grosser Sorgfalt ausgeführten Versuchen ein nach dem Odertyp von Kleppsch verkleinertes Modell. Wenn dasselbe

Digitized by Google

mit 1 m Zugsgeschwindigkeit in der Sekunde durch den Wassertrog gezogen wurde, berechnete sich sein Widerstand

für das Kanalprofil Querschnitt I. mit 427 kg
„ „ „ „ II. „ 439 kg
„ „ „ „ III. „ 497 kg
„ „ „ „ IV. „ 519 kg

und wenn es mit 1,25 m Zugsgeschwindigkeit in der Sekunde gezogen wurde,

für das Kanalprofil I. mit 733 kg
„ „ „ II. „ 803 kg
„ „ „ III. „ 821 kg
„ „ „ IV. „ 867 kg

Der Odertyp Kleppsch ist in seiner natürlichen Grösse in der Wasserlinie 62,5 m lang und hat bei einer Tauchung von 2 m eine benetzte Oberfläche von 670 m². Das Modell war im Massstabe von $^1/_{16}$ aus Holz ausgeführt und mit Oelfarbe gestrichen. Nachdem aber bei Modellversuchen verschiedene in der Natur auftretende Erscheinungen, wie die Steuerwirkung, die Schleppeinsenkung während der Fahrt und der Einfluss der vom Schleppdampfer erzeugten Wellen auf den Kanalwiderstand nicht zum Ausdruck gelangen, so dürfen die solcherart gefundenen Ziffern auf den wirklichen Kanalbetrieb ohne weiteres nicht angewandt werden.

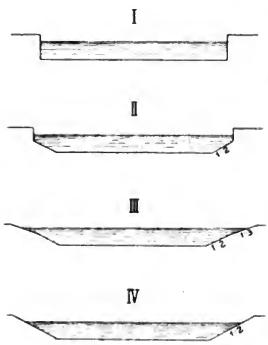


Bild 271.

Einfluss der Kanaloberfläche auf den Zugswiderstand. Endlich ist von Einfluss auf den Zugswiderstand im Kanale der Zustand seiner benetzten Oberfläche, ähnlich wie der Zustand der benetzten Schiffsaussenfläche den Reibungswiderstand des Schiffes stark beeinflusst (siehe Abschnitt 11).

Wird durch rauhe Kanaloberflächen, Schilf und Pflanzenwuchs der Abfluss der vom gezogenen Schleppkörper erzeugten Stauwellen verzögert, so wächst der Widerstand unter Umständen ganz bedeutend. Bei den Versuchen am Dortmund-Emskanal wurde gefunden, dass dieser Einfluss des Schilfwuchses auf den Schiffswiderstand bei grösseren Zugsgeschwindigkeiten bis 15 pCt. betragen kann. Es ist demnach rücksichtlich eines wirthschaftlichen Kanalzuges nothwendig, die Uferwandungen möglichst glatt zu gestalten.

b) Zugsmittel auf Kanälen.

Pferdezug. Wenn auf den natürlichen Wasserstrassen bisher als Zugsmittel allgemein nur die Schraube, das Schaufelrad und unter besonderen Verhältnissen auch die Tauerei üblich sind, so wurden auf den künstlichen

Digitized by Google

Wasserstrassen ausser diesen und dem üblichen Treidelzuge schon die verschiedensten Zugsarten mit mehr oder weniger Erfolg erprobt.

Als freifahrende Zugsmittel kommen im Kanalbetriebe nur die Schraubenboote in Betracht weil Seitenraddampfer wegen ihrer grossen Breite nur auf Kanälen mit sehr grossen Abmessungen verwendbar sind, das Heckrad aber einen geringeren Wirkungsgrad als die Schraube hat.

Die Leistungsfähigkeit des Treidelns und des Pferdezuges ist Seite 239 behandelt. Die Zugskosten dieser Betriebsart werden sehr verschieden angegeben und ändern sich naturgemäss nach dem jeweiligen Werth des vorhandenen Pferdematerials.

Auf den französischen Kanälen schwanken die Zugskosten des Pferdebetriebes zwischen 0,30 bis 0,45 Heller für 1 Tonnenkilometer. Der Kanalzug in Frankreich geschieht durch Pferde, Maulthiere oder Esel. Gewöhnlich wird der Zug durch 1 bis 3 Pferde ausgeübt. Zur Ueberwindung stärkerer Strömungen, wie auf kanalisirten Flüssen bei höherem Wasserstande und geöffneten Wehren, wird ein weiterer Vorspann genommen, so dass bisweilen ein Kahn auch von 8 Pferden gezogen werden muss. Der hohen Kosten wegen zieht es der Schiffer jedoch vor, lieber einige Tage still zu liegen und den Ablauf des Hochwassers abzuwarten. Zumeist wird das Zugthier vom Schiffer für jede Reise gemiethet, weil die Kosten eigener Pferde sich zu hoch stellen. Nur die Eigenthümer mehrerer Schiffe halten sich bei grösserem Kanalverkehre eigene Pferdeställe. Vor einiger Zeit war an einzelnen Kanälen ein von der Regierung aufgestellter Pferdebetrieb eingeführt, welcher jedoch die Allgemeinheit nicht befriedigte.

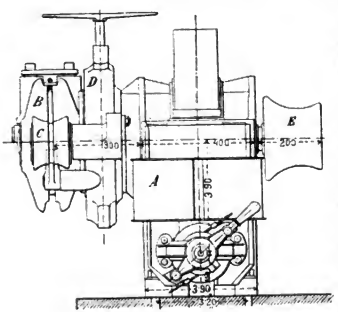


Bild 272.

Elektrische Einzeltauerei. Von den in Erprobung befindlichen oder geplanten elektrischen Zugsmitteln sind insbesondere folgende hervorzuheben:

Die von Bovet, auf einzelnen Schleppen anzubringende Vorrichtung zum Zuge mittels einer auf der Kanalsohle liegenden Kette. Der Unterschied zwischen dieser Anordnung eines Kettenbetriebes gegenüber der gewöhnlichen Tauerei liegt darin, dass bei derselben an jedem Schleppe für die Dauer der Kanaldurchfahrt eine Kettentrommel angebracht und nach der Durchfahrt wieder abgenommen wird. Es wird sonach kein Kettenschleppzug gebildet, sondern jeder einzelne Schlepp läuft mit seinem Apparate für sich an der Kette.

Die Vorrichtung (Bild 272) wird am Vorderdeck des Schleppes derart

Digitized by Google

befestigt, dass sie, über eine Bordseite hinausragend, die Zugskette aufnehmen kann. Die Kettenscheibe B wird durch einen Elektromotor A bewegt, welcher die Stromkraft einer oberirdischen, längs dem Kanalufer auf Säulen laufenden Leitung abnimmt. C ist die Führungsrolle für die Kette, D eine Vorrichtung zur Regelung des Kettenlaufes und E eine Windetrommel zum Auflegen eines Seiles, mit welchem das Schiff in die Schleuse gezogen wird. Das Auf- und Abnehmen der Kette wird leicht und schnell dadurch bewerkstelligt, dass die Kette lediglich durch Magnetisirung des glatten Trommelumfanges der elektromagnetischen Kettenscheibe B und ihrer Kettenglieder an der Trommel festgehalten wird. (Siehe auch Seite 266.) Die Erzeugung des elektrischen Stromes geschieht in einem gemeinsamen Kraftwerke.

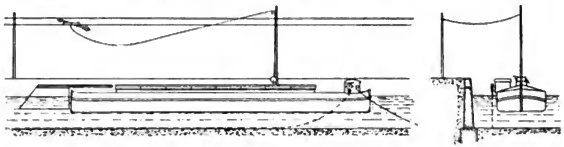


Bild 273. Elektromagnetische Einzeltauerei.

Diese Einzeltauerei (Bild 273) wurde auf einer Versuchsstrecke des Kanales von St. Denis bei Paris erprobt und hat vom Standpunkte des Betriebes befriedigende Ergebnisse geliefert. Dieselbe, sowie überhaupt jeder Tauereibetrieb in einem stromlosen Kanale ist aber schon deshalb nicht wirthschaftlich, weil einerseits die grössere Nutzleistung des Tauerzuges gegenüber einem freifahrenden Propeller doch nur in grosser Strömung zum Ausdrucke

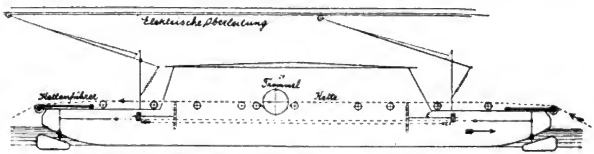


Bild 274. Elektrische Kettenschiffahrt am Bourgogne-Kanal.

gelangen kann, anderseits bei starkem Kanalverkehr zwei Ketten, eine für die hinfahrenden und die andere für die in entgegengesetzter Kanalrichtung fahrenden Schleppe, gelegt werden müssen, was grosse Anlagekosten erfordert.

Elektrische Kettenschiffahrt am Bourgogne-Kanal. Von diesem Standpunkte aus ist auch der auf der Wasserscheide des Bourgogne-Kanales, zwischen Pouilly und Escommes, vom französischen Staate eingerichtete gewöhnliche Kettenschiffahrtsbetrieb (Bild 274) keine wirthschaftliche Anlage.

Die für diese Tauerei erforderliche elektrische Kraft liefert eine Wasserkraftanlage, welche die Energie einer mit 15000 cbm täglich zur Verfügung

Digitized by Google

stehenden Wassermenge von 8 m Gefällshöhe, zwischen zwei Schleusen entnimmt. Auf dem Kettenschiffe treibt der Strom einen Elektromotor, der mittels Riemenübertragung die Kettenrolle dreht. Die zu Gebote stehende Wasserkraft beträgt bei der neben Pouilly gelegenen Seineschleuse 20, bei der neben Escommes gelegenen Saôneschleuse 15 Pferdekräfte. Die

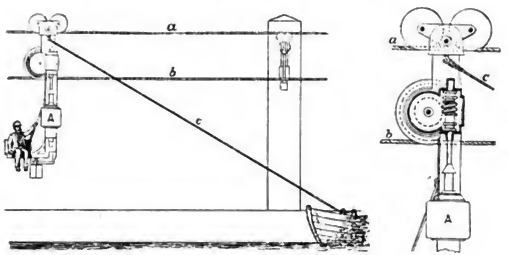


Bild 275.

Dynamos der beiden Anlagen entwickeln einen Strom von 30 Ampère. Stärke mit bis 280 Volt Spannung. Gewöhnlich wird jedoch nur mit

Bild 276. Lamb's Hängebahn am Finow-Kanal.

einem Strom von 20 Ampère gearbeitet, wobei in der 12 km langen Drahtleitung ein Spannungsverlust von ungefähr 80 V. eintritt, so dass zum Elektromotor des Tauers 16 Pferdestärken gelangen. Auf Grund von Bremsversuchen wurde festgestellt, dass der Elektromotor des Tauers als grösste Arbeitsleistung zum Betrieb der Kettentrommel 19 Pferdestärken abgeben kann.

Digitized by Google

Der kleine Tauer, welcher vorne und rückwärts mit einem Steuer versehen ist, hat eine Länge von 15,00 m, eine Breite von 3,20 m und einen Tiefgang von 0,50 m, die Kettenscheibe einen Durchmesser von 650 mm. Die Kettenglieder sind 16 mm stark, die Zugsgeschwindigkeit beträgt je nach der Grösse des Anhanges $2^1/_2$ bis 4 km in der Stunde. Von der 6,6 km langen Versuchsstrecke liegen 3,3 km in einem Tunnel.

Die Anlagekosten der seit 1893 im Betriebe stehenden Einrichtung belaufen sich für ein Kilometer Kanallänge auf 23,000 K. Die Betriebskosten sollen sich um 25 pCt. billiger als die des früher bestandenen Dampftauers stellen.

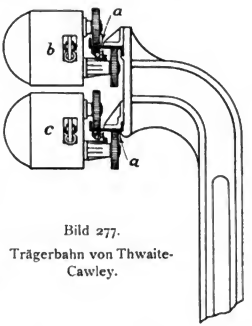


Bild 277.
Trägerbahn von Thwaite-Cawley.

Drahtseilhängebahn von Lamb. Eine weitere Schleppzugsart ist die Drahtseilhängebahn vom Lamb, welche, ähnlich wie eine Seilbahn für Materialbeförderung, auf eisernen Masten angebracht ist, die längs des Kanalufers stehen und auf deren Drahtseilen elektrische Lokomotiven laufen. Deren Elektromotoren treiben kleine Windetrommeln, auf welchen das Drahtzugseil, damit die zur Zugkraft nothwendige Reibung hergestellt werde, zweimal umgelegt wird. Die Stromzuführung geschieht gleichfalls durch eine oberirdische Leitung.

Eine derartige Hängebahn wurde am Erie- und am Finowkanale erprobt (Bild 275 und 276). Im oberen Seile a mit 32 mm Durchmesser hängt der Motorwagen A, der eine auf seiner Achse angebrachte Seilscheibe, über welche das untere 16 mm starke Zugseil b zweimal geschlungen ist, dreht, wodurch sich der Hängewagen und damit die Zugleine c mit dem Kanalschiff fortbewegt. Die Fortgangsgeschwindigkeit wird von dem Manne am Wagen geregelt, welcher von seiner hohen Sitzstelle aus die Fahrstrasse gut übersieht, daher den Betrieb zuverlässig überwachen kann.

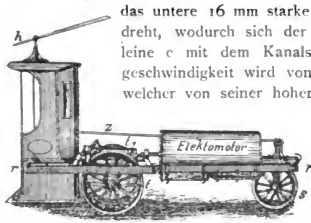


Bild 278. Elektrisches Dreirad.

Trägerbahn von Thwaite-Cawley. Der Lamb'schen Anordnung ähnlich wurde von Thwaite und Cawley eine Trägerschienenbahn konstruirt, die aus 2 senkrechten Trägerschienen a a besteht, welche längs dem Kanalufer an eisernen, 10 m voneinander entfernt stehenden, 5 m hohen Säulen befestigt sind (Bild 277). Auf dieser durch die Träger gebildeten Bahn laufen zwei Schlepplokomotiven b und c, welche den Schlepp ziehen. Die Bedienung der Lokomotiven soll mittels einer Leine, die vom Schiffe aus zu den Motoren führt, durch die Schiffsbemannung möglich sein.

Digitized by Google

Nachdem die auf den Trägerschienen rollenden Schlepplokomotiven ihre Zugkräfte lediglich durch die Reibung ihrer Räder ausüben können, müssen letztere so dicht aneinander angebracht sein, dass unter Berücksichtigung der sich ergebenden Hebelarme das Gewicht der Lokomotive für den Anpressungsdruck an die Schienen ungefähr verdreifacht wird.

Schleppdreirad. Die französischen Ingenieure Galliot, Deneflé und Gerard haben einen Treidelzug mittels eines elektrischen Dreiradwagens erdacht, welcher ohne Vermittlung einer Schiene unmittelbar auf dem gewöhnlichen Treppelwege des Kanales sich fortbewegt. Dieses Dreirad

Bild 279. Elektrische Lokomotive.

(Bild 278) besteht aus einem eisernen Rahmen r, der rückwärts auf den zwei Treibrädern t und t_1 und vorne auf einem leichten Rade s ruht, welches mit der Zugstange z vom Führer gesteuert wird, der von seinem Platze auch alle Handhabungen zum Regeln der Zugsgeschwindigkeit und der Bremse besorgt. Die rückwärtige Achse, auf welcher die zwei breitfelgigen Räder angebracht sind, wird durch einen im Wagen befindlichen Elektromotor mittels einer Zahnradübersetzung in Bewegung gesetzt. Zwischen der Wagenachse und den zwei Rädern ist je eine Kuppelungsvorrichtung derart angeordnet, dass bei Ausschaltung einer derselben der Wagen um eines seiner Räder eine Platzwendung ausführen kann. Der zum Einhängen des Zugseiles dienende Haken ist auf einer mit einem Hemmfinger versehenen Achse angebracht und kann beim Eintritt einer Ueberlastung ausgehängt werden, wobei das Zugseil vom Haken hinuntergleitet. Das Gewicht des Wagens beträgt 2500 kg, seine Herstellungskosten belaufen sich auf 5500 K. Der Elektromotor des Wagens ist bei gewönlicher Inanspruchnahme, bei einer

Digitized by Google

Spannung von 500 Volt, zur Aufnahme von 5000 Watt gebaut und entwickelt im Zuge ungefähr 6 Pferdestärken, bei welcher Kraftentwickelung eine Péniche mit 300 Tonnen (siehe Bild 151) mit einer Geschwindigkeit von $2^1/_2$ km in der Stunde geschleppt werden kann. Der elektrische Strom wird von einer längs der Ufer auf Ständern aufgehängten Doppeldrahtleitung mittels zweier freibeweglichen Kontaktrollen dem Wagen zugeleitet, welche mit letzterem durch eine 3 m lange Holzstange h verbunden sind, die bei Begegnung zweier in entgegengesetzter Richtung fahrender Wagen die Rollen abhebt.

Diese Zugsweise wird auf einer 58 km langen Strecke der französischen Nordkanäle bei Lille, zwischen Béthune und Courchelettes betrieben und ist unter dem Namen „elektrisches Pferd" bekannt. Nachdem der Betrieb mit demselben genau so wie mit dem auf den französischen Kanälen üblichen

Bild 280. Elektrischer Lokomotivzug am Finow-Kanal.

Pferdezug geschieht, so wird das Dreirad von den dortigen Kanalschiffern als sehr zweckmässig gelobt.

Die Anlagekosten für ein Kilometer Kanalstrecke stellen sich auf 25000 K. Die Gesellschaft, welche diesen Kanalbetrieb eingerichtet hat, musste mit Rücksicht auf den dortigen Wettbewerb durch Pferdezug, welcher das Tonnenkilometer mit durchschnittlich 0,30 bis 0,45 h leistete, die Schleppzugsgebühren auf 0,28 h setzen und berechnet, dass sie trotz dieses geringen Schlepplohnes bei einem Verkehre von $2^1/_2$ Millionen Tonnen nicht nur die Betriebsausgaben decken, sondern auch ihre Anlagen verzinsen und einen Reingewinn erübrigen wird.

Schlepplokomotive. Köttgen*) in Berlin hat eine leichte elektrische Schlepplokomotive dem Kanalbetriebe angepasst. Die vom Kanale

*) Von Siemens-Halske weiter ausgebildet.

Digitized by Google

abliegenden Triebräder derselben bewegen sich auf einer Schiene, während die zwei, dem Kanale zugewendeten breiten Laufräder auf dem Treppelwege vorwärts rollen. (Bild 279.) Die eine Schiene nimmt somit die gesammte Zugkraft, sowie die seitlich wirkenden Kräfte auf, während die nicht auf Schienen laufenden Räder eine verhältnismässig geringe Belastung erfahren.

Bei dieser Anordnung benöthigt die Lokomotive nur einen geringen Raum des Treidelweges und es bleibt neben demselben noch ein genügend breiter Weg für den Verkehr der Zugpferde frei. Bei neuanzulegenden Kanälen dürfte es jedoch entsprechender sein, eine zweite Schiene anzulegen, weil deren Herstellung billiger als die eines Treidelweges ist und bei einem neuen zeitgemässen Kanale mit einem voraussichtlich grossen Verkehre der Pferdezug wohl nicht berücksichtigt zu werden braucht.

Der Lokomotive wird der elektrische Strom auch mittels Oberleitung zugeführt. Der Führer übersieht von seinem Sitze aus sowohl das gezogene

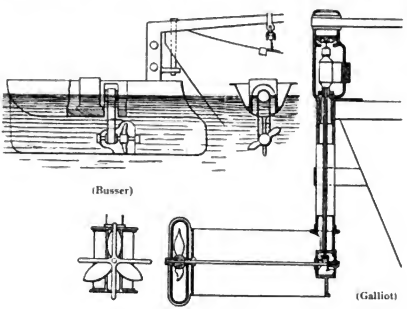


Bild 281.

Schiff, als auch einen entgegenkommenden Zug, und kann mit Hilfe einer Bremse oder mittels der elektrischen Anlassvorrichtung die Fortgangsgeschwindigkeit regeln. Anfangs waren die Schienen mit einer Zahnstange versehen, welche sich jedoch späterhin als überflüssig erwies.

Lokomotivzug am Finowkanal. Die Erprobung des Lokomotivzuges am Finowkanale (Bild 280) hat zu einem befriedigenden Ergebnis geführt. Die erreichte Geschwindigkeit betrug bei 600 kg Zugkraft 4,5 km in der Stunde, wobei 500 Tonnen Nutzlast geschleppt wurden. Es wurde berechnet, dass die Anlage einer derartigen Zugseinrichtung auf dem 470 km langen geplanten deutschen Mittellandkanal beiläufig 30 000 K. für das Kilometer kosten und dass bei einem Verkehre von 4 Millionen Tonnen mit Schleppen von 600 Tonnen Tragfähigkeit ein Tonnenkilometer sich auf 0,18 Heller berechnen würde, wogegen dasselbe mittels freifahrender Schraubenboote auf 0,20, mittels Pferdezuges aber auf etwa 0,30 Heller zu stehen käme.

Digitized by Google

Bei grösserem Verkehre stellt sich demnach der elektrische Lokomotivbetrieb verhältnismässig billig. Die Vortheile einer derartigen Anlage an einem Kanal würden aber noch mehr hervortreten, wenn man die für den Schleppzugdienst erforderlichen Stromkraftanlagen so einrichtet, dass sie auch anderweitig nutzbar wären. Die elektrische Kraft könnte vortheilhaft verwendet werden zum Bewegen der Schleusenthore, der Schütze in den Umläufen, sowie etwaiger Drehbrücken, bei Tag- und Nachtbetrieb für die Beleuchtungsanlagen und endlich auch zum Antrieb der Ladekrähne. Nachdem ferner eine Kräfteabgabe bis zu 30 km Entfernung vom Kanal ohne grossen Kraftverlust möglich ist, so wird sich mit der Zeit, längs des Kanales, in Folge der vorhandenen elektrischen Betriebskraft ein etwa 30 km breites gewerbliches Gebiet und eine lebhafte Industrie unschwer entwickeln können.

Schraubensteuerzug. Beim Schraubensteuerzug von Galliot-Busser (Bild 281) wird jedem in den Kanal einfahrenden Schlepp statt seines

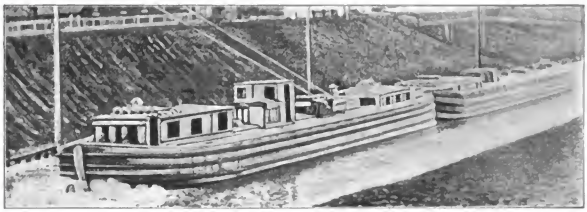


Bild 282. Elektrischer Schraubenbetrieb am Erie-Kanal.

gewöhnlichen Steuerruders ein Ruderblatt eingehängt, welches eine durch einen Elektromotor getriebene Schraube trägt.

Galliot legt den Elektromotor in ein am Ruderschafte befindliches eisernes Gehäuse. Die Uebertragung der Kraft auf die am Ruderblattende angebrachte Schraube erfolgt mittels eiserner Wellen und einem konischen Räderpaare. Busser legt den Elektromotor in eine Ausnehmung des Ruderblattes und setzt die unmittelbar darunter befindliche Schraube durch Riemenübertragung in Bewegung. Den Schraubensteuern kann die elektrische Kraft mittels Oberleitung zugeführt, dieselben können aber auch freibeweglich durch Accumulatoren betrieben werden.

Elektrischer Schraubenbootbetrieb am Erie-Kanal. Ein eigenartiger Schraubenbetrieb wurde in neuerer Zeit am Eriekanal vom Staate New-York eingerichtet. Ein mit einem Elektromotor angetriebenes Schraubenboot, welchem die Kraft von einer am Kanalufer laufenden Doppelleitung zugeführt wird und welches 250 Tonnen Ladung nimmt, schiebt gleichzeitig ein an seinem Buge mittels zweier Stangen beweglich angebrachtes Boot von 300 Tonnen Tragfähigkeit in der im Bild 282 dargestellten Weise mit einer Geschwindigkeit von 4 km in der Stunde vorwärts.

Digitized by Google

Einzelbetrieb mittels Schraubenrädern. Ein in seiner Anlage einfacher Schleppeinzelbetrieb könnte auch in der in den Bildern 283 und 284 veranschaulichten Weise erfolgen. In einem am Achter der Schleppe, innerhalb der Flucht des grössten Schiffsquerschnittes fest angebrachten Eisenrahmen setzt man mit Hilfe eines Drehkrahnes zwei Schraubenräder (siehe Seite 274) ein, welche nach Durchfahrt des Bootes durch alle Schleusen und Haltungen in gleicher Weise, wie sie bei der Kanaleinfahrt in die Rahmen gesenkt wurden, aus denselben wieder mit einem Drehkrahne herausgehoben werden.

Diese Zugsart wurde zum Antriebe von französischen Kanalbooten mit 39,10 m Länge, 4,99 m Breite und 0,30 m geringstem sowie 1,50 m grösstem

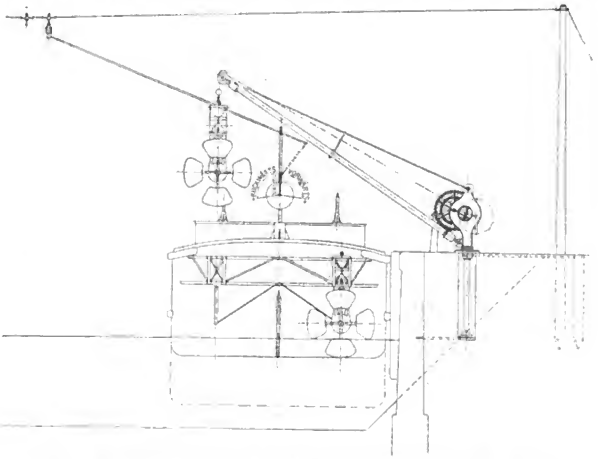


Bild 283. Einsetzen der Schraubenräder in die Eisenrahmen. (M. 1 : 100.)

Tiefgange vorgeschlagen. Die Boote sollen mit einer Fortgangsgeschwindigkeit von 3,6 km in der Stunde fahren, wozu bei den dortigen Kanalabmessungen für je ein Schraubenrad 7,5 i. HP. nothwendig wären. Der Durchmesser jedes Rades beträgt 1,50 m, die Steigung 1,60 m. Die Schraubenräder werden mittels Gall'scher Kette von einem Elektromotor angetrieben, welcher mit einem Hebel vom Steuermann umgestellt werden kann, wodurch das Boot nach vorwärts oder nach rückwärts fährt. Die elektrische Stromzuleitung ist aus den Zeichnungen ersichtlich.

Nach einer überschlägigen Berechnung dürften sich die Zugskosten dieser Betriebsart sammt 4 pCt. Verzinsung der Schraubenrädervorrichtung und der Leitungsanlage bei einem Verkehre von 500 Millionen Tonnenkilometer auf annähernd 0,21 Heller für 1 Tonnenkilometer stellen.

Digitized by Google

Wandertaubetrieb. Eine besondere Zugsart ist der in der Kanalhaltung zwischen der Aisne und Marne im 2,5 km langen Tunnel von Mont de Billy versuchsweise eingeführte Wandertaubetrieb (Bild 285 und 286) mittels eines endlosen Seiles.

Das Wandertau, auf welches die Schiffer die Zugleinen ihrer Fahrzeuge festklammern, läuft auf zwei übereinander angebrachten Reihen von Seilrollen a und b längs des Kanalufers und wird durch Dampfkraft langsam fortbewegt.

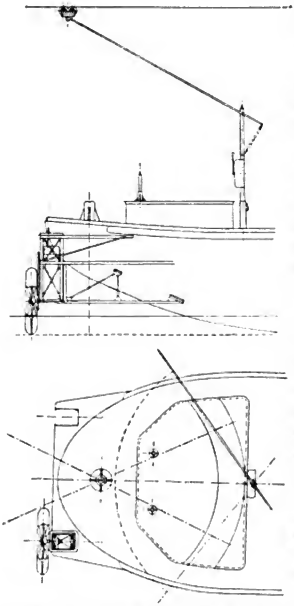


Bild 284. Seitenansicht und Daraufsicht. (M. 1 : 100.)

Dieser Betrieb wurde zuerst am Saint-Maurice-Kanal von Lévy angewandt. Obwohl das am Ufer fortschreitende Seil aus dünnen Stahldrähten bestand, und sehr biegsam war, trat beim Zuge dennoch die nachtheilige Erscheinung auf, dass sich dasselbe bald um seine Achse zu drehen begann und sich in der für die Zugleinen angebrachten Aufhängevorrichtung verwickelte, wodurch Betriebsstörungen verursacht wurden.

Diesem Uebelstande soll das Drahtseil von Beck abhelfen, welches quadratisch geflochten ist und deshalb nicht in drehende Bewegung kommen kann, weil es nicht in einem Stücke gesponnen, sondern aus mehreren Stücken zusammengesetzt ist, deren einzelne Litzen abwechselnd nach rechts und nach links gewunden sind, wodurch die auftretenden Drehkräfte sich gegenseitig aufheben. Am besten dürfte sich jedoch für den Wandertaubetrieb das kürzlich im Schiffahrtsbetriebe eingeführte, Seite 189 beschriebene Hanfrundseil, (Patent Kirsch) eignen, welches bei grosser Biegsamkeit und hoher Zerreissfestigkeit vor allem die Eigenschaft besitzt, dass sein kreisrunder Querschnitt jeder Kraft, welche das Seil in achsiale Drehung bringen will, Widerstand leistet und vollständig starr bleibt.

Der Vollständigkeit halber ist noch zu erwähnen, dass der russische Ingenieur Gherassinoff einen Wandertaubetrieb in der Weise erdacht hat, dass das endlose Seil nicht am Ufer, sondern in Führungsrollen laufen soll, welche auf über dem Kanalbette liegenden Querseilen gelagert sind.

Digitized by Google

Nachtheile der einzelnen Kanalzugsmittel. Die Kettenschiffahrt im Kanalbetrieb ist wie schon erwähnt als keine vollkommen wirthschaftliche Anlage zu betrachten.

Der Kettenbetrieb Bovet für Einzelschleppe, sowie die Schraubensteuer haben den Nachtheil, dass die jedesmalige Anbringung und Abtragung

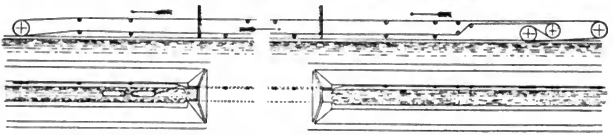


Bild 285. Längenansicht und Grundriss des Wandertaubetriebes im Mont-de-Billy.

der Zugsvorrichtungen auf den verschiedenen Schleppverdecken zeitraubend und keine genügend einfache Handhabungen sind. Dagegen ist der Einzelbetrieb mittels Schraubenrädern wesentlich einfacher.

Lamb's Drahtseilbahn hat seine Schwierigkeiten beim Zuge in Krümmungen, während welchem das Tragseil, auf dem die Lokomotive läuft, sich zu den Masten in einen spitzen Winkel stellt, wodurch dieselbe entgleisen oder zeitweilig unwirksam werden kann. Ferner wird das um die kleine Windetrommel laufende Zugseil bei jeder Durchfahrt der Lokomotive neben der Maststütze stark beansprucht, verschiebt sich auf der Trommel beständig, wobei sich die einzelnen Seilschläge aneinanderreiben. Die Trägerbahn Thwaite-Cawley ist dagegen wesentlich stärker konstruirt, aber eine zu kostspielige Anlage.

Das Dreirad hat eine geringere Nutzleistung als die auf einer oder zwei Schienen laufende elektrische Lokomotive, weil es sich des natürlichen Treppelweges als Stützpunkt bedient, daher beträchtliche Reibungsverluste erfährt, dagegen aber den Vorzug leichter Handhabung und grosser Beweglichkeit.

Der Kanalzug mit der elektrischen Lokomotive giebt die beste Zugsleistung, behindert aber die Bewegungsfreiheit am Kanalufer mehr als das Dreirad.

Der Schraubenbootbetrieb am Erie-Kanal hat endlich den Nachtheil, dass ein derartiger Zug schwierig zu steuern ist.

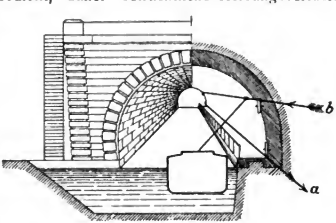


Bild 286.

Ein gemeinsamer Nachtheil letzterer Zugsarten ist, dass der Zug, die Kettenschiffahrt und den elektrischen Schraubenbootbetrieb am Erie-Kanal ausgenommen, vom Kanalufer aus geschieht und dass die Uebertragung der elektrischen Kraft bei allen in mehr oder minder zusammengesetzter Weise erfolgt, wodurch die freie Schiffahrtsbewegung im Kanale gestört wird, weshalb der Schiffer den freifahrenden Zugsmitteln immer den Vorzug geben wird.

Digitized by Google

Kanalzug mittels Schrauben- oder Schraubenraddampfer. Zum Schlepp zuge im stromlosen Kanalwasser werden sich daher am vortheilhaftesten kleine Schraubenbugser (Bild 287 und 288) eignen, welche das dem Schiffer wohlbekannte Zugsmittel darstellen, den Verkehr entlang der Kanalufer nicht stören und sowohl während der Fahrt als auch während aller Manöver volle Bewegungsfreiheit gewähren.

Ein Nachtheil des Schraubenbootbetriebes liegt nur darin, dass Schrauben mit grösseren Tauchtiefen auf die Sohle und Böschungen schädlich wirken. Man wird deshalb entweder zwei Schrauben mit kleineren Durchmessern oder am günstigsten das Seite 274 beschriebene Schraubenrad anwenden. Letzteres taucht nur 0,50 bis 0,80 m und hat bei einem verhältnismässig grossen Durchmesser einen guten Wirkungsgrad, sowie einen gegenüber der gewöhnlichen Schraube geringeren Slip. Der Vortheil des Schraubenrades für den Kanalbetrieb liegt jedoch hauptsächlich darin, dass seine Druckflächen eine nur kleine Steigung haben und daher die von diesen bewegten Wassermengen nicht so gross als bei der Schraube sind und zu beiden Seiten des Kielwassers parallel mit demselben unter sehr geringer Wellenbildung abfliessen.

Bild 287. Schraubenbugser mit 80 i. HP. auf den belgischen Kanälen.

Wirthschaftlichkeit der einzelnen Kanalzugsmittel. Um den wirthschaftlichen Werth der verschiedenartigen elektrischen Schleppzugsanlagen beurtheilen zu können, ist es in erster Linie nothwendig, deren Wirkungsgrad, Anlage- und Zugskosten zu ermitteln.

Der Wirkungsgrad hängt von den Kraftverlusten ab, welche von der Arbeit an der Welle des Elektromotors bis zu der unmittelbar auf den Schlepp ausgeübten Zugkraft entstehen. Die Kraftverluste in Folge Umwandlung der Kohle in Elektrizität und die durch deren Fernleitung entstehenden Verluste werden, weil diese bei allen in Frage kommenden Anlagen nahezu gleich bleiben, unberücksichtigt gelassen.

Beim Kettenbetrieb Bovet, der Seilbahn Lamb und der Trägerbahn Thwaite-Cawley, wird der Wirkungsgrad auf beiläufig 60, bei der elektrischen Lokomotive auf äusserst 85 pCt. veranschlagt. Demgegenüber hat die Schraube bei den im Kanale auftretenden geringen Zugsgeschwindigkeiten allerdings nur einen Wirkungsgrad von 30 bis 35 pCt., das Schraubenrad einen solchen von 35 bis 40 pCt., jedoch entfallen bei letzteren die theueren Anlagekosten, welche die übrigen Zugsarten bedingen.

Die Kraftverluste zerfallen in jene, welche durch die verschiedenen Uebersetzungen zur Verminderung der Umdrehungszahl des Elektromotors bedingt sind, und in jene, welche durch die Konstruktionseinrichtungen zur Uebertragung der Zugkraft entstehen. Die Verluste durch die Uebersetzungen steigern sich natürlich mit der Zahl derselben. Bei grösseren Motoren von 20 Pferdestärken wird man im Allgemeinen mit zwei Uebersetzungen aus-

Digitized by Google

kommen, während bei kleineren Motoren bis etwa 10 Pferdestärken schon drei Uebersetzungen erforderlich sind. Je nach der Zahl der Vorgelege und der Ausführung der Räder dürften die Verluste durch Uebersetzungen zwischen 10 bis 20 pCt. betragen.

Der Wirkungsgrad der Zugkraft ist bei allen Zugsarten bis auf dasjenige des Dreirades verhältnismässig gut. Sowohl der Einzelbetrieb Bovet, wie die Seiltrommel Lamb, als auch die Adhäsionsräder der Trägerbahn Thwaite-Cawley und die elektrische Lokomotive werden mit Verlusten bis 10 pCt. arbeiten. Beim Schleppdreirad entstehen jedoch durch das Rollen der Treibräder auf dem rauhen Treppelwege verhältnismässig grosse Verluste, denn es findet nicht nur ein einfaches Rollen statt, sondern die Treibräder, welche die doch ziemlich bedeutende Zugkraft auf den Erdboden zu übertragen haben, werden einzelne Theile der Wegoberfläche aufwühlen und nach rückwärts treiben, wodurch verlustbringende Reibungen entstehen.

Bild 288. Schraubenbugser mit 100 i. HP. und Heckraddampfer mit 140 i. HP. für den Bega-Kanal

Der Wirkungsgrad des Wandertaubetriebes nimmt auf weite Entfernungen hin rasch ab, während er auf kurze sehr hoch ist. Derselbe hat aber bei grossem Verkehre so viele Betriebsvortheile, dass es nothwendig wäre, die Versuche mit demselben noch fortzusetzen.

Die grössten Kraftverluste wurden bisher bei den Schraubensteuern beobachtet, zu deren Betrieb verhältnismässig zwei- bis dreimal mehr Kraft als bei den anderen Zugsarten erzeugt werden muss.

Die Anlagekosten der Kettentauerei, des Wandertaubetriebes und der Einschienenbahn für den Lokomotivbetrieb dürften sich so ziemlich die Wage halten. Bei der Kette und den sich stark verschleissenden Drahtseilen wird man auch deren geringe Lebensdauer berücksichtigen müssen.

Am grössten gestalten sich die Anlagekosten bei der Trägerbahn Thwaite-Cawley. Die zur Verwendung gelangenden Z-Träger müssen zumindest ein Gewicht von 50 kg für den laufenden Meter erhalten, alle 10 m

Digitized by Google

weit angebracht und tief in die Erde versenkt werden, damit sie die starken seitlich wirkenden Kräfte aushalten.

Günstiger stellen sich die Anlagekosten bei den 30 m von einander entfernt stehenden Stützmitteln der Hängebahn, bei welcher auch das Drahtseil viel billiger als die schwere Trägerbahn ist. Dafür muss aber wieder mit dem raschen Verschleiss des Seiles gerechnet werden.

Das Dreirad ergiebt sehr geringe Anlagekosten. Der Treppelweg muss nur in Ordnung gehalten und seine Beschädigungen durch die Treibräder ausgebessert werden.

Die Schraubensteuer, die gewöhnliche Schraube oder das Schraubenrad haben das Wasser als Stützmittel und erfordern daher gar keine besonderen Anlagekosten. Bei der Schiffsschraube sind die von der Wasserbewegung derselben herbeigeführten Beschädigungen der Kanalsohle und der Böschungen in Rechnung zu ziehen.

Was die Zugskosten betrifft, so sind diese theoretisch genommen im Allgemeinen um so höher, je kleiner der verwendete Elektromotor ist, weil hiervon die verhältnismässige Grösse der Zugsleistung abhängt. Deshalb sind dieselben um etwas grösser beim elektrischen Einzelkettenbetrieb, dem Schraubensteuer, der Hängebahn und der Trägerbahn als beim Schleppdreirad und der elektrischen Lokomotive.

Beim Vergleich der Bedienungskosten ist nur die Bemannung der einzelnen Zugsmittel zu berücksichtigen, nachdem die Bedienung der elektrischen Kraftstellen und Leitungen bei allen nahezu gleich bleibt. Werden mehrere Schleppe zu einem Zuge vereinigt, so verringern sich die Kosten, dagegen entstehen aber längere Aufenthalte an den Schleusen, wenn diese nur für die Schleusung je eines Schleppes eingerichtet sind. Beim Dampferbetrieb erhöhen sich die Bedienungskosten durch die grössere Dampferbemannung. Wenn man aber in Erwägung zieht, dass die mechanischen Zugseinrichtungen geschultere, daher theuere Bedienungsmannschaften erfordern, so fällt der Umstand, dass zur Bedienung eines Schraubenbootes eine grössere Bemannung als bei den übrigen erforderlich ist, nicht in die Wagschale.

Für den Zug mehrerer Schleppe in einem Anhange ist ausser dem Dampferbetriebe nur die elektrische Lokomotive geeignet, weil deren Zugkraft entsprechend gesteigert werden kann. Bei den anderen Zugsarten ist eine solche Steigerung der Kräfte ohne weiteres nicht möglich. Lamb und Thwaite-Cawley gestatten Leistungen bis höchstens 7 Pferdestärken, welche aber nur für den Zug eines Schleppes genügen. Die magnetische Einzeltauerei lässt sich deshalb nicht auf einen Schleppzug anwenden, weil die auf dem ziehenden Schiffe anzubringende Vorrichtung, wenn sie eine grössere Zugkraft ausüben soll, zu schwer und umfangreich ausfallen würde. Ebenso können die Schraubensteuer nur einen Schlepp vorwärts bewegen. Dieselben, sowie die abnehmbaren Schraubenräder sind übrigens auch nur für Einzelfahrten geplant.

Tonnenkilometrische Kosten des Kanalzuges. Die Kosten der einzelnen Zugsmittel für ein Tonnenkilometer können natürlich nur annäherungsweise angegeben werden.

Digitized by Google

Nach französischen Mittheilungen stellen sich die Zugskosten des dortigen Pferdebetriebes auf 0,30 bis 0,45 Heller für 1 tkm. Die Zugskosten der übrigen mechanischen Zugsarten berechnen sich annähernd auf Grundlage einer Leistung von 500 Millionen Tonnenkilometer: für das Schleppdreirad auf etwa 0,26 Heller, für die elektrische Lokomotive auf 0,20 bis 0,24 Heller, für den Schleppzug mit Wandertau auf 0,25 bis 0,35 Heller, für den Schiffbetrieb mit der Schraube im Steuer auf 0,30 bis 0,40 Heller, für den Kettenbetrieb Bovet auf 0,26 bis 0,32 Heller, für den elektrischen Schraubenradbetrieb auf 0,21 Heller und endlich für den Schleppzug mittels Schrauben- oder Schraubenraddampfer auf 0,20 bis 0,25 Heller für 1 Tonnenkilometer.

Baurath Werneburg hat in der Zeitschrift des Central-Vereins für Hebung der deutschen Fluss- und Kanalschiffahrt eine eingehende Berechnung verschiedener Zugsarten für eine angenommene Kanallänge von 50 km und für den Zug der auf den französischen Kanälen üblichen Péniche (38,5 m lang, 5,0 m breit, 280 bis 300 Tonnen Ladefähigkeit, bei 1,8 m Tauchung) unter Zugrundelegung der Widerstandswerthe von de Mas und eines Verhältnisses des Kanalquerschnittes zum Schiffsquerschnitte von $n = 3{,}24$, für einen Verkehr von 1 bis 3 Millionen Tonnen angestellt, deren Ergebnis in umstehender Tafel dargestellt ist.

Zweigeleisige Kanalzugsanlagen. Insbesondere muss noch darauf hingewiesen werden, dass die mechanischen Zugseinrichtungen immer zweigeleisig angelegt werden sollen, weil, wenn man dieselben nur längs eines Kanalufers führt, die Kreuzung von Schleppen oder Schleppzügen sehr erschwert wird. Die auf Trägern laufenden oder auf Seilen hängenden kleinen Schlepplokomotiven können nur auf einer bestimmten Strecke hin und her pendeln und müssen daher jedesmal die von ihnen geschleppten Schiffe austauschen. Voraussetzung für eine solche Art des Betriebes ist natürlich, dass dieses fortwährende Austaulassen der geschleppten Schiffe den Verkehr nicht behindere. Eine ähnliche Schwierigkeit würde sich auch beim Tauereibetrieb ergeben, wenn derselbe nicht von vornherein zweigeleisig eingerichtet wird. Die Kette müsste dann bei sich begegnenden Schiffen immer abgenommen, die Schiffe in ihrer Lage verschoben und die Kette wieder aufgelegt werden.

Lamb und Thwaite haben die Bedienung der Lokomotive durch die Mannschaft des geschleppten Schiffes in Aussicht genommen. Bei dieser Voraussetzung ist es nicht möglich, mit einem Geleise auszukommen, weil in diesem Falle das Austauschen der Treidelleine und vor allem der Stromabnahmevorrichtung von Schiff zu Schiff praktisch nicht durchführbar ist.

Beim Lokomotivbetrieb und noch günstiger beim Dreirade ist eine eingeleisige Anlage zwar möglich, weil dieselben bei Schiffskreuzungen bis dicht vor einander fahren, die Treidelleinen austauschen und wieder in entgegengesetzter Richtung abgehen können. Es ist jedoch, besonders bei der elektrischen Lokomotive, bei dieser Handhabung sowohl ein Zusammenstoss der Schiffe, als auch ein Verwickeln der Treidelleine, welches unter Umständen zeitraubende Störungen bringen könnte, nicht ausgeschlossen, weil die in entgegengesetzter Richtung fahrenden beladenen Schleppe trotz rechtzeitig ver-

Digitized by Google

Tonnenkilometrische Kosten verschiedener Zugsarten auf Kanälen:

Zugsart	Geschwindigkeit	Wirkungsgrad	Bei 1 Million Tonnen Fracht					Bei 2 Millionen Tonnen Fracht					Bei 3 Million Tonnen Fracht				
			Anlagekosten		Betriebskosten			Anlagekosten		Betriebskosten			Anlagekosten		Betriebskosten		
			für 50 km-Strecke	für 1 km Strecke	bei Dampfkraft im Ganzen	bei Dampfkraft für 1 tkm	bei Wasserkraft für 1 tkm	für 50 km-Strecke	für 1 km Strecke	bei Dampfkraft im Ganzen	bei Dampfkraft für 1 tkm	bei Wasserkraft für 1 tkm	für 50 km Strecke	für 1 km Strecke	bei Dampfkraft im Ganzen	bei Dampfkraft für 1 tkm	bei Wasserkraft für 1 tkm
	km St.	%	M.	M.	M	Pf.	Pf.	M.	M	M.	Pf.	Pf.	M.	M.	M.	Pf.	Pf.
Elektrisches Dreirad	2,16	39	1125000	22500	208500	0,417	0,378	1656000	33120	325500	0,326	0,287	2191000	43820	443100	0,295	0,256
Kettenbetrieb (Bovet)	2,16	39	883000	17660	191200	0,383	0,343	1314000	26280	294000	0,294	0,255	1750000	35000	396000	0,264	0,225
Schraube im Steuer (Galliot)	2,16	30	918000	18360	172000	0,344	0,291	1566000	31320	274000	0,274	0,221	2236000	44720	379000	0,253	0,499
Motor-Lokomotive	2,16	74	756200	15124	156500	0,313	—	1108400	22168	266500	0,267	—	1460600	29212	373500	0,249	—
Wandertaubetrieb	2,16	60-80	602000	12040	185000	0,370	0,345	765000	15300	216000	0 246	0,224	972000	19440	315000	0,210	0,189
Motor-Schrauben-dampfer	2,16	40	210000	4200	104412	0,209	—	420000	8400	208824	0,209	—	630000	12600	313236	0,209	—

Digitized by Google

ringerter Fortgangsgeschwindigkeiten ein grosses Trägheitsmoment haben und nur langsam zum Stillstande gebracht werden können.

Günstig liegen in dieser Beziehung die Verhältnisse nur beim Einzelbetrieb mit Schraubenrädern oder dem Schraubensteuer, bei welchen kein Austausch stattzufinden braucht, weil die Fahrzeuge bei entsprechender Anlage der Stromoberleitung leicht aneinander vorbeifahren können.

Betriebssicherheit der einzelnen Kanalzugsmittel. Wichtig ist noch die Frage der möglicherweise eintretenden Betriebsstörungen, weil von diesen die ganze Lebensfähigkeit einer Schleppzugsanlage abhängt. Solche Betriebsstörungen sind darum um so schwerwiegender, weil sie nicht nur das einzelne Schiff, welches geschleppt wird, treffen, sondern auch alle diesem folgenden Schiffe in Mitleidenschaft ziehen. So verursacht beispielsweise ein Kettenbruch, wenn derselbe im stromlosen Kanalwasser auch unbedenklich ist, dennoch Aufenthalte für sämmtliche nachkommenden Schleppzüge.

Kurzschlüsse in der Kabelleitung können bei allen elektrischen Zugsarten entstehen, ebenso kann eine Entgleisung des am Ufer auf der Leitung laufenden Kontaktwagens eintreten. Bei der Stromabnahme eintretende Störungen können übrigens leicht behoben werden.

Die Betriebssicherheit der Seilhängebahnen lässt zu wünschen übrig, weil das Trag- und Zugseil stark beansprucht werden, wodurch Brüche von einzelnen Drähten wahrscheinlich sind. Ferner ist die Standfestigkeit der Masten schwer zu erreichen, weil dieselben nicht nur durch die stets vorhandenen Seilkräfte, sondern auch durch diejenigen Kräfte, welche jedesmal bei Durchfahrt der Hängelokomotive neben den Masten auftreten, beansprucht werden, da sobald sich eine Lokomotive einer Mastspitze nähert, diese durch die nun grössere Seilkraft nach der Lokomotive hingezogen wird, wodurch eine fortwährende Aenderung in der Kraftrichtung eintritt, der Mast in Schwankungen geräth und im Boden gelockert wird. Die Anlage Thwaite-Cawleys ist allerdings bedeutend derber wie jene von Lamb, ihre Betriebssicherheit daher besser, jedoch ist beiden der Nachtheil gemeinsam, dass die hochhängenden Lokomotiven schlecht zugänglich sind und bei einer eintretenden Ausbesserung erst von ihren Luftgeleisen herunter geschafft werden müssen.

Die Betriebssicherheit des Dreirades und der Lokomotive ist dagegen nahezu einwandfrei. Besonders ersteres kann im Falle eintretenden Bruches sofort an Ort und Stelle durch ein anderes ersetzt werden.

Behinderung des Treidelweges. Auf den bestehenden Kanälen wird im Allgemeinen noch mit Vorliebe der Pferdezug ausgeübt. Diese Zugsweise wird natürlich nicht auf einmal durch den elektrischen Betrieb zu ersetzen sein. Es liegt deshalb das Bestreben nahe, diesen sich auf dem Treidelwege bewegenden Schleppdienst nicht durch die Neuanlage einer elektrischen Schleppeinrichtung zu stören. Dieses wird nur durch den Dampferbetrieb, die Taucrei, durch die Schraubensteuer und den Schraubenradbetrieb erreicht. Für Lamb und Thwaite-Cawley war dieser Gesichtspunkt massgebend, die kostspielige Anordnung der Hochgeleise zur Durchführung zu bringen.

Digitized by Google

Das Dreirad beschränkt den Raum des Treidelweges in nur geringem Masse, dagegen wird derselbe durch die Lokomotivgeleiseanlage stärker eingeschränkt. Bei diesen Zugsarten bildet übrigens noch der Umstand eine Schwierigkeit, dass bei Ueberholen von Schiffen die Zugleine über das überholte Schiff geführt werden muss, was unter Umständen zeitraubend ist.

Durchfahren der Schleusen. Endlich müssen die Kanalzugsweisen noch vom Standpunkte des unbehinderten Durchfahrens der Schleusen beurtheilt werden. Lamb, Thwaite, das Dreirad, die Lokomotive und vor allem die Schraubensteuer und elektrischen Schraubenräder haben den Vortheil, dass sie alle den Schlepp unmittelbar in die Schleuse hineinziehen können. Bei Bovet ist es erforderlich, die Kette von der Windetrommel abzuwerfen, bevor das Schiff in die Schleusen einfährt und später die Kette wieder aufzulegen, sobald dasselbe durch die Schleuse gefahren, wodurch ein Zeitverlust entsteht. Beim Dampferbetrieb müssen die Schleppe vor der Schleuse aus Tau gelassen werden. Zumeist wird man jedoch von den zwei Schleppen eines Dampferzuges den vorderen unter Ausnützung seines Vorwärtsganges (Trägheitsmomentes) in die Schleuse von selbst langsam einfahren lassen und den zweiten indessen am Kanalufer verheften.

c) Lokomotivzug und Dampferbetrieb.

Zugskosten des elektrischen Lokomotivzuges. Die Frage, welches Zugsmittel auf einem Kanale, damit ein wirthschaftliches Ergebnis erzielt werde, angewendet werden soll, hängt in erster Linie von der baulichen Anlage des Kanales ab. Wird ein Schleusenkanal gebaut, so wird mit Rücksicht auf die vielen Schleusen und kurzen Haltungen beispielsweise das Dreirad und insbesondere die elektrische Lokomotive gut entsprechen, weil mit denselben jedes Fahrzeug rasch in und aus den Schleusen befördert werden kann. Beim Lokomotivbetrieb wird dabei vorausgesetzt, dass die Anlage längs beider Kanalufer ausgeführt wird, weil bei einem eingeleisigen Betriebe durch das Wechseln der Zugseile bei sich kreuzenden Lokomotiven und durch die Intaunahme von am gegenüberliegenden Kanalufer stehenden Schleppen bei grösserem Verkehre Betriebsstörungen zu gewärtigen sind.

Vom Standpunkte der Zugskosten stellt sich, wie dieses die Versuche auf dem Finowkanale nachgewiesen haben, der elektrische Lokomotivbetrieb sehr wirthschaftlich.

Siemens und Halske haben sich mit dieser Frage eingehend beschäftigt und die elektrische Lokomotive derart ausgebildet, dass sie bei einem Gewichte von 3500 kg eine Zugkraft von 1000 kg mit 1 m Fahrgeschwindigkeit in der Sekunde entwickelt, wozu eine Kraft von 10 Pferdestärken am Zugshaken nothwendig ist, der Elektromotor daher 15 Pferdestärken leisten muss, weil die Arbeitsverluste desselben 5 Pferdestärken betragen. Der Lokomotive müssen, wenn der möglichst grösste Wirkungsgrad derselben mit 0,85 gefordert wird, eine Arbeit von 13 000 Watt zugeführt werden.

Die Zugskosten, bei eingeleisiger Anlage, wenn jeder Schlepp

Digitized by Google

einzeln gezogen wird und eine mittlere Ausnützung von 400 Tonnen Nutzlast hat, sollen sich mit derart konstruirten Lokomotiven auf dem geplanten Schleusenkanal Budweis-Wien, eine Gesammtleistung von 470 Millionen Tonnenkilometer vorausgesetzt, bei 16stündigem Tagbetrieb auf 0,24 Heller und bei 24stündigem Tag- und Nachtbetrieb auf 0,19 Heller pro 1 tkm stellen. In den Zugskosten sind eine 4prozentige Verzinsung und Abtilgung aller Bausummen für die Kraftanlagen, Geleise, Lokomotiven, ferner deren Instandhaltungskosten, der Kohle- und Schmierverbrauch, sowie der Verbrauch an Abnützungsgegenständen und alle Gehalte und Löhne inbegriffen.

Die Kosten für die den Kanal befahrenden Schleppe — im Donaubetriebe mit Schleppekosten (Bootskosten) bezeichnet — werden bei 16stündigem Tagbetrieb mit 0,33 Heller und bei 24stündigem Tag- und Nachtbetrieb mit 0,25 Heller berechnet.

Die Gesammtkosten dieses Lokomotivbetriebes werden demnach bei 16stündigem Tagbetriebe auf 0,57 Heller und bei 24stündigen Tag- und Nachtbetrieben auf 0,44 Heller pro 1 tkm veranschlagt.

Zugskosten des Dampferzuges. Bei Anwendung geneigter Ebenen, wodurch sich nur wenige Schleusen und lange Kanalhaltungen ergeben, ist jedoch in wirthschaftlicher Beziehung der freifahrende Schleppzug mittels Schrauben- oder Schraubenraddampfern dem elektrischen Lokomotivzuge gleichwerthig, was durch folgende Berechnung erwiesen werden soll:

Angenommen wird eine Kanalstrecke von 275 km Länge, etwa der zukünftige Donau-Oder-Kanal von Wien nach Oderberg, unter folgenden Voraussetzungen:

1. Jeder Schleppzug besteht aus zwei eisernen Schleppen mit durchschnittlich je 400 Tonnen Ladung, so dass ein Zug in beiden Richtungen des Kanales 800 Tonnen befördert.

2. Als Schlepptypen kommen die Seite 301 und 302 beschriebenen 670 und 650 Tonnenschleppe, welche bei 1,80 m Tauchung 630 bezw. 530 Tonnen Nutzlast nehmen, in Verwendung.

3. Der Kanalquerschnitt beträgt das Vierfache des eingetauchten grössten Querschnittes des 670 Tonnenschleppes.

4. Die durchschnittliche jährliche Betriebsdauer wird mit 280 Tagen, die mittlere Zugsgeschwindigkeit in den langen Haltungen mit 4 km in der Stunde angenommen.

5. Die Kostenberechnung des Dampfers erfolgt schon bei 16stündigem Betrieb mit doppeltem Bemannungsstande.

6. Die Verminderung der Fortgangsgeschwindigkeit bei allen Kreuzungen zweier Schleppzüge im Kanalquerschnitt wird, obwohl dieselbe, wenn die beiden Anhänge knapp nebeneinander vorbeifahren auf beiläufig 200 m Kanallänge nicht unbedeutend ist und bis 30 pCt. betragen kann, nicht in Rechnung gezogen. Ebenso kann der Einfluss von Wind, sowie einer gegebenen Falles auftretenden Kanalströmung nicht veranschlagt werden.

Berechnung der Dampferzugkraft. Der Zugswiderstand für den 670 Tonnenschlepp bei 1,80 m Tauchung berechnet sich im Flussprofile nach der Donau-

Digitized by Google

formel mit 210 kg. Der Widerstand in dem Kanale wird sich somit bei einem Verhältnis: 4 facher Wasserquerschnitt zum Schiffsquerschnitt und bei geradem Zuge in der Kanalmitte auf rund das $2^1/_2$ fache, sohin auf 525 kg stellen.

Wenn man, solange die Schleppe nicht mit Steuervorrichtungen ausgerüstet sind, welche es ermöglichen, den Schlepp während des Zuges stets im geraden Kurs und in der Kanalmitte zu halten, die durch die unruhige Steuerfähigkeit auftretenden Mehrwiderstände mit 15 pCt. beziffert, so wird es vollständig ausreichen, wenn für den beladenen Eisenschlepp bei 4 km Zugsgeschwindigkeit rund 600 kg und demnach für den Schleppzug, bestehend aus zwei Schleppen, 1200 kg Kanalwiderstand eingesetzt werden.

Der Eigenwiderstand eines Schraubenraddampfers von 20 m Länge, 5 m Breite und 0,80 m Tiefgang berechnet sich bei seinem zum Wasserquerschnitte des Kanales vortheilhaften Eigenquerschnitte selbst bei 5 km Todtwassergeschwindigkeit auf nur 120 kg, der Gesammtwiderstand eines Schleppzuges sammt dem Dampfer daher auf äusserst 1320 kg.

Demnach die indizirte Maschinenleistung bei einem Wirkungsgrade von $\eta = 0{,}35$ auf: $N_i = \frac{W \cdot v}{75\,\eta} = \frac{1320 \cdot 1{,}389}{75 \cdot 0{,}35} = 70$ i. HP.

Es wird somit ein Schraubenraddampfer von 80 ind. HP. unter allen Umständen für den Zug zweier vollbeladener Schleppe obiger Type bei einer mittleren Zugsgeschwindigkeit von 4 km in der Stunde ausreichen. Bei einem gewöhnlichen Schraubenbugser werden infolge der grösseren Eintauchung des Schiffskörpers (am Hintersteven mindestens 1,50 m), sowie des grösseren Slips rund 100 i. HP. anzusetzen sein.

Berechnung der Selbstkosten eines Dampferbetriebes. Der Dampfer leistet täglich: 16 Fahrstunden × 4 km = 64 Dampferkilometer. Er wird die 275 km Kanallänge in 69 Fahrstunden oder in $4^1/_2$ Tagen durchfahren, somit $4^1/_2$ Tage für die Hinfahrt, $4^1/_2$ Tage für die Rückfahrt und, wenn man für Aufenthalte und Manöver noch einen weiteren Tag rechnet, für eine volle Reise 10 Tage benöthigen, in 280 Tagen daher 28 Reisen, oder in einem Betriebsjahre 28 × 138 = 3864 Fahrstunden machen, was der mittleren jährlichen Fahrstundenleistung eines Donauzugdampfers (= 4000 h) entspricht.

Kosten des Dampfers. Baukosten des Dampfers sammt Ausrüstung		40 000 Kr.
Für jährliche Abschreibung und Unterhaltungskosten des Dampfers und seiner Ausrüstung, sowie für Verluste an Ausrüstungsgegenständen 10 pCt.		4 000 „
Für 5 pCt. Verzinsung des Anlagewerthes		2 000 „
Für Löhne und Bordgebühren:		
1 Schiffsführer, gleichzeitig Steuermann . . .	2000 Kr.	
1 Maschinist	1600 „	
1 Matrose	800 „	
1 Heizer	1000 „	
	5400 Kr.	
daher mit doppelter Bemannung		10 800 „

Digitized by Google

Für Kohle im Mittel rund 1000 kg für eine Fahrstunde
oder für 3864 Fahrstunden . . . . . 385 Tonnen
Hierzu 10 pCt. Mehrverbrauch für Manöver und Still-
liegen . . . . . 39 „
giebt zusammen 425 Tonnen

1 Tonne mit 12 Kronen . . . . . = 5 100 Kr.
Für Schmiere-, Beleuchtungs- und Kleinmateriale 10 pCt. . . . 510 „
22 410 Kr.

Für allgemeine Verwaltungsauslagen, Leitung, Versicherung, Unfälle,
Steuern 10 pCt. . . . . 2241 „
Gesammte Jahreskosten eines Dampfers . . . . . 24 651 Kr.

Die Dampferleistung beträgt in einer Reise zu je 10 Tagen 2×2 Schleppe mit 400 Tonnen = 1600 Tonnen × 275 km Kanallänge = 440 000 tkm, daher in 28 Reisen rund 12 000 000 Tonnenkilometer, was weit unter der Jahreszugsleistung eines Zugsdampfers im Donaubetriebe (25 000 000 tkm) steht. In Wirklichkeit wird somit die Dampferleistung im Kanale grösser ausfallen.

Die Zugskosten eines Dampferbetriebes stellen sich daher für ein Tonnenkilometer auf $\frac{24\,651 \text{ Kr.}}{12\,000\,000 \text{ tkm}} = 0{,}20$ Heller.

Kosten der Schleppe. Baukosten des Schleppes sammt Ausrüstung 50 000 Kr.
Für jährliche Abschreibung und Unterhaltung, Brennöl, Heiz- und
Kleinmaterial, sowie Ausrüstungsverluste, ferner für allge-
meine Verwaltungsauslagen, Steuern und Versicherung 10 pCt. 5 000 „
Verzinsung des Anlagekapitals 5 pCt. . . . . 2 500 „
Löhne 1 Steuermann . . . . . 1000 Kr.
1 Matrose . . . . . 800 „
1800 Kr.
daher mit doppelter Bemannung . . . . . 3 600 „
Gesammte Jahreskosten eines Schleppes . . . . . 11 100 Kr.

Obwohl nach der Dampferleistung auf je 1 Schlepp in 10 Tagen eine Reise fällt, so wird dennoch nach den Erfahrungen des Donaubetriebes für Zeitverluste durch Liegetage, durch Einladung und Ausladung, sowie durch andere verschiedenartige Schleppaufenthalte die doppelte Dauer von Fahrtagen, also 20 Tage für eine Hin- und Rückfahrt eines Schleppes im Kanale in Rechnung gestellt. 20 Tage für eine Schleppreise hin und zurück mit 400 Tonnen = 2 × 400 = 800 Tonnen × 275 km Kanallänge = 220 000 tkm, oder in 280 Tagen d. i. in 14 Schleppreisen rund 3 000 000 tkm Jahresleistung. Es werden daher zu je einer Dampferleistung von 12 000 000 tkm 4 Schleppe benöthigt. Die Schleppekosten für ein Tonnenkilometer stellen sich somit auf $\frac{4 \cdot 11\,100}{12\,000\,000} = 0{,}37$ Heller.

Die Selbstkosten sammt allgemeinen Verwaltungsauslagen werden sich also beim Schleppzuge mit Schraubenraddampfern oder Schraubenbooten

auf 0,20 Heller Zugskosten und
„ 0,37 „ Schleppekosten

daher insgesammt auf 0,57 Heller für 1 Tonnenkilometer stellen.

Digitized by Google

Es muss ausdrücklich bemerkt werden, dass hierbei alle Auslagen reichlich gerechnet und eine geringe Leistung angenommen wurde. Die nur etwa 70 prozentige Ausnützung des Schlepptragvermögens (400 t) wurde deshalb gewählt, weil dieses die thatsächliche mittlere Ausnützung der 600 Tonnenschleppe im Donaubetrieb bis Wien ist.

Vergleich der Dampfer- und Lokomotivzugskosten. Die Selbstkosten eines geregelten Dampferschleppzuges erreichen demnach keine grössere Höhe als die für den Lokomotivzug berechneten, welche sich bei gleicher täglicher Betriebsdauer auch mit 0,56 Heller für das Tonnenkilometer berechnen.

Auf den alten Kanälen ist derzeit noch immer der Pferdezug die vorherrschende Zugsweise. Das Mittel zur Anwendung des Pferdezuges ist der Leinpfad, welcher bei jedem Kanalnetz vorhanden ist und den dem Kanale eigenthümlichen Betrieb darstellt. Es ist nicht wahrscheinlich, dass bei Einrichtung einer elektrischen Zugsanlage auf einem bestehenden Kanale der altgewohnte Pferdezug sofort verschwinden wird. In der Zeit des Ueberganges vom Pferdezug zum elektrischen Betriebe werden die Schiffer daher letzteren nur streckenweise benutzen und grossen Theiles bei ihrem Pferdebetrieb bleiben, wodurch der elektrische Zug anfangs kein wirthschaftliches Ergebnis liefern kann. Der Schraubendampfer aber, welcher weder vom Leinpfad noch von einer elektrischen Leitung abhängig ist, kann sich seine Geschäfte überall suchen und wird auch neben dem Pferdebetrieb immer einen bestimmten gewinnbringenden Verkehr an sich ziehen können.

Die Wahrscheinlichkeit, dass für ein bestehendes Kanalnetz eine neue Betriebsweise sofort eingeführt und die vorhandene beseitigt wird, ist also nicht vorhanden. Es wird vielmehr der alte Betrieb erst nach und nach verschwinden, wenn das zeitgemässe Zugsmitel seine Ueberlegenheit unzweifelhaft nachgewiesen hat.

Staatlicher und einheitlicher Kanalbetrieb. Anders liegen die Verhältnisse bei neu zu schaffenden grosszügigen Kunstwasserstrassen, auf welchen, wenn nothwendig, vom Staate selbst eine bestimmte geregelte Zugsart eingeführt werden kann, deren Verzinsung dann, weil sie allgemein benutzt werden muss, gesichert erscheint. Mit Rücksicht auf den geringen Kanalverkehr der ersten Jahre wird man aber auch eine solche nur in der oben angeführten Weise nach und nach einführen können.

Eine allgemeine Einführung einer bestimmten einheitlichen Zugsart wird demnach erst dann stattfinden, wenn der Staat den Betrieb selbst übernimmt oder an Gesellschaften verpachtet und die Allgemeinheit verpflichtet, diesen Betrieb zu benützen. Hierdurch würde aber die Eigenthümlichkeit der Wasserstrassen, deren Freizügigkeit, sowie der allgemeine Wettbewerb verloren gehen und kein grundsätzlicher Unterschied zwischen dem Eisenbahnbetriebe mehr bestehen, da in diesem Falle auf beiden die Zugkraft monopolisirt wäre.

Es ist sehr die Frage, ob es zweckmässig ist, auf künstlichen Wasserstrassen den Zugdienst in einer staatlichen oder unter staatlicher Aufsicht stehenden Gesellschaft zu vereinigen, welche den Betrieb dann mit geregeltem Fahrplan und festen Frachtgebühren einrichtet, weil hierdurch

Digitized by Google

jedenfalls die Beförderungsgebühren höher als beim freien Wettbewerb ausfallen werden.

Beim Vergleich der Zugskosten zwischen freifahrendem Schleppzug und Lokomotivbetrieb muss weiters in Betracht gezogen werden, dass bei letzterem der Schlepp nie in der Längsachse des Kanales, sondern immer in schiefer Lage zu derselben gezogen wird (siehe Bild 154 Seite 241), wodurch der Zugswiderstand desselben, weil die Breitseitenfläche des Schleppes, sowie die Fläche des immer aufgestellten Ruderblattes den Formwiderstand vermehren, höher als beim Dampfer, welcher die Schleppe in der Richtung der Kanalachse zu ziehen bestrebt ist, ausfällt.

Die Kraftverluste, welche beim Schleppen eines Schiffes vom Lande aus entstehen, berechnen sich zwischen 10 und 20 pCt. Haack theilt diesbezüglich aus seinen Versuchen am Dortmund-Ems-Kanale Folgendes mit:

„Die Vergrösserung des Widerstandes der Schleppdampfer durch das Slipwasser der Schrauben, Ruder u. s. w., welches auch auf die Kanalsohle nachtheilig einwirkt, spricht für Fortbewegung der Schiffe durch Zugkräfte, die vom festen Land aus wirken. Bei diesen entstehen aber andere Kraftverluste, welche bei etwaigen Vergleichen mit in Rechnung zu stellen sind. Soll ein Schiff wie Emden (600 Tonnen Tragfähigkeit), das bei 1,75 m Tiefgang mit 1,4 m/sec Geschwindigkeit 862 kg Zugkraft von einem Schleppdampfer erfordert, mittels eines 100 m langen Schlepptaues vom Land aus geschleppt werden, dann würde, wenn das Schiff genau in der Kanalmitte fährt, eine Kraft von 238 kg das Schiff stetig dem Lande zutreiben. Deshalb muss das Schiff in solchem Falle mit der Kanalmittellinie einen Winkel bilden, und das Schlepptau ist an einem Bock oder Mast zu befestigen, der etwas vor der Mitte der Schiffslänge steht, so dass das Steuerruder möglichst frei wirken kann. So allein kann der vorhin genannten, das Schiff dem Lande zutreibenden Kraft entgegengewirkt und die Steuerfähigkeit des Schiffes erhalten werden. Die schräge Lage, in welcher das Schiff durch das Wasser geschleppt werden muss, kostet aber mindestens 100 kg mehr, also 962 kg Zugkraft. Daraus ergiebt sich die Zugkraft in dem 100 m langen Schlepptau zu 962 kg, und der Motor auf dem Treidelwege, dessen seitlicher Abstand von der Kanalmitte 24 m beträgt, muss 1023 kg, also 19 pCt. mehr Zugkraft liefern, als ein Schleppdampfer. Man kann nun längere Schlepptaue verwenden und dadurch die zu leistende Zugkraft verkleinern, es wird indess immer ein Unterschied von 10 bis 15 pCt. zu Gunsten des Schleppdampfers verbleiben."

Zum Schlusse soll noch auf den Umstand hingewiesen werden, dass der Kanalbetrieb bekanntlich während eines Jahres durchschnittlich bis 3 Monate durch Eissperre gehindert wird. Werden nun Kanäle mit langen Haltungen geschaffen, so ist durch einen Dampferbetrieb das Mittel gegeben, die Dauer der Eissperre zu verringern, weil die Eisbildung in den Haltungen durch die Wellen der Propeller wesentlich verzögert wird, und durch die Dampfer auch eine Eisbrechung stattfinden kann, was mit dem Lokomotivbetriebe nicht durchführbar ist. Hierdurch wird es aber möglich, den Betrieb im Kanale bis zum Eintritt der sehr strengen Frostzeit, welche kaum mehr als 2 Monate dauert, aufrecht zu erhalten und, wenn auch der grosse Durchgangsverkehr von und

Digitized by Google

zu den Strömen zum Stillstande gelangt, wenigstens den örtlichen Verkehr, beispielsweise die Kohlenversorgung grösserer Orte, auch während eines Theiles des Winter zu bewerkstelligen.

Zweckmässige Einrichtung eines Kanalbetriebes. Es ist übrigens naheliegend, dass man bei einem neuen Kanale, dessen Verkehr sich erst entwickeln muss, kaum von vorneherein für die ganze Linie die kostspieligen elektrischen Zugsanlagen schaffen wird, deren Verzinsung und billige Zugskosten doch nur auf einen grossen Verkehr begründet sind. Man wird vielmehr mit dem einfachen Dampferbetrieb beginnen, sodann die Zahl der Dampfer der Verkehrssteigerung entsprechend vermehren und erst in einem späteren Zeitraume, etwa an der längsten Kanalhaltung einen elektrischen Lokomotivzug (oder den geringere Anlagekosten erfordernden Einzelbetrieb mit Schraubenrädern) einrichten, die in dieser Haltung in Betrieb gestandenen Dampfer in den Nachbarhaltungen verwenden und derart nach und nach, im Verhältnis zum vorhandenen Verkehr, in den verschiedenen Haltungen abwechselnd Dampfer- und elektrischen Schleppzug betreiben.

Digitized by Google

V. Theil.

Wirthschaftlicher Werth der Wasserstrassen.

Digitized by Google

14. Abschnitt.

Leistungsfähigkeit der Wasserstrassen und der Schienenwege.

Allgemeine Verkehrssteigerung. Durch die gesteigerten Bedürfnisse des Menschen erhöht sich auch sein Verkehrsbedürfnis. In dieser Erscheinung liegt in erster Linie die verkehrsschaffende Wirkung neuer Beförderungsmittel. In den europäischen Kulturstaaten und in Amerika haben sich in rasch aufeinanderfolgenden Zeiträumen vollständige Umwälzungen im Verkehre und gewaltige Steigerungen desselben durch die Zunahme der Bevölkerung, sowie durch die Bedürfnisse und erhöhten Anforderungen derselben vollzogen. Von der grossen Entwickelung des alle Völker verbindenden Seeverkehres ganz abgesehen, ist man im Binnenverkehre von der ursprünglichen Wasserbeförderung zum Eisenbahnbetriebe und in neuester Zeit, weil letzterer die Anforderungen nach Transportbilligkeit nicht mehr befriedigen kann, wieder zu den nun grosszügig angelegten Wasserstrassen übergegangen.

Der allgemeine Bedarf wird durch den Transportpreis allerdings nur bis zu einem gewissen Grade berührt. Die Forderung nach billigen Beförderungsmitteln ist jedoch durch die heutige wirthschaftliche Lage allgemein zur Nothwendigkeit geworden, denn durch billige Verkehrsmittel tritt eine erhöhte Leistung und eine Verringerung der Erzeugungskosten ein, weil viele Naturstoffe, welche bis dahin keinen Nutzen gewährten, erst durch einen Tiefstand ihrer Beförderungskosten eine Verwerthung finden. Indem dadurch die verschiedenen Gegenden und Länder ihre Verkehre steigern, wird es möglich, dass der Ueberfluss eines Gebietes dem Mangel des anderen abhilft. Dort, wo wegen Mangel an Zufuhr oder wegen zu hoher Beförderungskosten die Preise der Güter hoch standen, sinken sie, und dort, wo die Preise wegen Mangel an Absatz tief standen, steigen sie, und die Preisunterschiede von Ort zu Ort nehmen in dem Masse ab, als sich Verkehrswege zwischen diesen bilden und die Kosten auf denselben sich vermindern.

Leistungsfähigkeit der Binnenverkehrsmittel. Vortheile der Wasserstrassen. Die Art und Weise, wie der Binnenverkehr derzeit abgewickelt wird, lässt sich im grossen Ganzen in zwei Gruppen theilen: Die erste Gruppe bildet den freien Verkehr, an welchem Jedermann theilnehmen kann, der die vorgesehenen Bedingungen erfüllt. Ein solcher besteht, ähnlich wie auf den Landstrassen, auf allen schiffbaren Flüssen und Kanälen. Bei der zweiten Gruppe ist die freie Benutzung durch die Allgemeinheit ausge-

Digitized by Google

schlossen und der Verkehr in die Hände einer bestimmten Beförderungsanstalt, Eisenbahngesellschaft, gelegt. Schon aus diesem geht hervor, dass die Wasserstrassen, weil Jedermann an deren Verkehr mitwirken kann, einen wichtigen Theil des allgemeinen wirthschaftlichen Lebens bilden.

Um den wirthschaftlichen Werth dieser zwei Verkehrsgruppen zu bestimmen, muss vor Allem die technische Leistungsfähigkeit ihrer Betriebsmittel untersucht werden. Diese hängt in erster Linie von drei Bedingungen ab: Der Möglichkeit der Anwendung wirthschaftlicher mechanischer Zugkraft, der Verwendbarkeit grosser Beförderungsmittel und dem Vorhandensein geringer Zugswiderstände bei Fortbewegung derselben. Je schwächer der Zugswiderstand, je stärker die Zugkraft und je grösser die Abmessungen der Fahrmittel sind, einen umso grösseren technisch-wirthschaftlichen Werth hat das betreffende Verkehrsmittel, weil es dann grössere Massen auf einmal, daher mit billigeren Beförderungskosten bewegen kann. Es ist zweifellos, dass in dieser Beziehung die Binnenwasserstrassen die Schienenwege überragen, beide aber weitaus von den Betriebsmitteln des Meeres übertroffen werden.

Zugkraft und Zugswiderstand. Bei der Eisenbahn ist zur Erzielung der erforderlichen Zugkraft eine verhältnismässig grosse Last auf den Triebrädern nothwendig, um die nöthige Reibung auf den Schienen zu erzeugen. Um daher mit Rücksicht auf die Bahnsteigungen das für die Zugkraft nothwendige Adhäsionsgewicht zu erreichen, muss die Lokomotive ein grosses Eigengewicht und eine sehr starke Maschine erhalten. Während hierdurch bei einem Eisenbahnzuge die Lokomotive mit einem Gewichte von 40 bis 60 Tonnen 400 bis 600 indizirte Pferdekräfte als höchste Leistung erreicht, können den Binnendampfern ohne weiteres 1000 und mehr, den grossen Seedampfern aber auch 40 000 Pferdestärken gegeben werden.

Was den Zugswiderstand betrifft, so ist es einleuchtend, dass dieser infolge des Reibungswiderstandes auf den Schienen und der Komponente der Schwerkraft auf den Steigungen bedeutend grösser ist, als ein solcher beim Zuge eines Schiffes im Wasser entsteht. Zur Beförderung einer bestimmten Last auf einem Kanal mit 4 bis 5 km Geschwindigkeit in der Stunde ist je nach dem Verhältnisse des eingetauchten Schiffsquerschnittes zum Kanalquerschnitt etwa $^1/_{25}$ bis $^1/_{40}$ von jener Zugkraft erforderlich, welche auf einem Schienenwege mit wagerechter Bahn zur Bewegung derselben Last mit 25 km Geschwindigkeit benöthigt wird. In diesem Umstande sind hauptsächlich die billigen Beförderungskosten auf den Wasserstrassen, gegenüber den Eisenbahnen, begründet.

Selbstverständlich ist der Zugswiderstand auf den Wasserstrassen sehr verschieden. Der Widerstand in Flüssen mit starker Strömung ist grösser als in Flüssen mit geringer Strömung oder als in einem Kanale mit grossem Querschnitte. Ein im Verhältnis zum Schiffsquerschnitt enger Kanal ergiebt wieder einen grösseren Zugswiderstand als ein breiter Kanal. Während ferner auf Strömen und Flüssen die Zugskraft für die Bergfahrt eine grössere als für die Thalfahrt ist, entfällt eine solche Unterscheidung im stromlosen Kanale.

Digitized by Google

Grösse der Fahrmittel. Bezüglich der Anwendbarkeit grosser Fahrmittel steht die Binnenschiffahrt den Eisenbahnen weit voraus. Während auf Flüssen, wie die Donau, der Rhein und die Elbe Schleppe von 600 und 1500 Tonnen, auf Kanälen solche von 100 bis 700 Tonnen im Verkehr stehen, verfügt der Eisenbahnbetrieb in Europa über keine grösseren Wagen als solchen von 10 bis 15 Tonnen Tragfähigkeit und nur in Amerika auch über solche von 25 bis 50 Tonnen. Ein grosser Schlepp kann somit auf einmal den Inhalt zweier oder mehrerer Eisenbahnzüge aufnehmen. Ein Schleppzug von 6000 Tonnen Nutzlast ist daher gleich 20 grossen Güterzügen mit zusammen 600 Wagen, welche eine Länge von etwa 4 km einnehmen. Bei grosser Transportinanspruchnahme werden hierdurch die Geleise einer Eisenbahn bald vollständig besetzt und es können die erforderlichen Abstände nicht eingehalten werden. Es zeigt sich dieses auch auf verkehrsreichen Linien dadurch, dass ein auf einer Station festgehaltener Lastzug oft sämmtliche andere Güterzüge zum Stillstande bringt.

Durch die geringen Abmessungen der Beförderungsgefässe der Eisenbahnen ist ferner das Verhältnis der todten Last zur Nutzlast sehr ungünstig, in der Binnenschiffahrt viel günstiger und in der Seeschiffahrt eigentlich nur durch bauliche Umstände begrenzt. Ein Binnenschiff wiegt im Verhältnisse zu der Last, welche es tragen kann, je nach seinem Raumgehalte verhältnismässig wenig; beispielsweise ein Schlepp mit 600 Tonnen Tragvermögen sammt Ausrüstung 120 bis 130 Tonnen, daher nicht ganz 22 pCt. Das Verhältnis des Eigengewichtes eines Eisenbahnwagens zu seinem Tragvermögen beträgt dagegen bis 50 pCt. und nur bei den neuesten amerikanischen Güterwagen aus gepresstem Stahl für 25 bis 50 Tonnen Tragkraft 36 pCt. Bei einem Güterzuge von 30 Wagen mit je 10 Tonnen, der im ganzen also 300 Tonnen befördern kann, ist das Eigengewicht des unbeladenen Zuges nahezu 180 Tonnen.

Anschaffungs- und Bemannungskosten. Dieses Verhältnis stellt sich für die Wirthschaftlichkeit der Bahn noch ungünstiger, wenn man die auf eine Tonne Laderaum entfallenden Anschaffungskosten beider Verkehrsmittel berechnet. Bei dem bestgebauten Eisenschlepp mit 600 Tonnen entfallen auf die Tonne 75 bis 85 Kronen Baukosten, beim Eisenbahngüterwagen auf die Tonne 200 bis 250 Kronen, daher die Tonne Laderaum eines Eisenbahnwagens dreimal so theuer, als eine Tonne Schlepraum ist.

In einem noch bei weitem ungünstigeren Verhältnis für die Eisenbahn berechnen sich endlich die auf eine Tonne Laderaum entfallenden Bemannungskosten, welche gegenüber jenen im Schiffahrtsbetriebe unverhältnismässig hoch sind.

Vielseitige Benutzbarkeit der Wasserstrassen. Zu diesen Vortheilen der Wasserstrassen muss noch der Umstand in Erwägung gezogen werden, dass dieselben längs ihres ganzen Laufes und an allen Orten die Möglichkeit der Ein- und Ausladung von Gütern geben, während die Eisenbahnen durch ihre baulichen Anlagen nur auf bestimmte Haltestellen beschränkt sind. Endlich muss vom allgemeinen wirthschaftlichen Standpunkte aus noch der Vorzug

Digitized by Google

der Wasserstrassen gegenüber der Eisenbahn in Bezug auf die vielseitige Benutzbarkeit derselben hervorgehoben werden. Während die Eisenbahnen auf ihren begrenzten Geleisen ganz bestimmte Fahrmittel anwenden müssen, können auf den Wasserstrassen alle Gattungen Fahrzeuge verwendet werden, so dass ein freier Wettbewerb der Frachtführer möglich ist und keine so bedenklichen Missstände eintreten können, wie bei dem durch die Eisenbahnen meistens geschaffenen Frachtmonopole. Das Zusammenwirken aller dieser Vortheile verursacht, dass die Frachtkosten auf den Wasserstrassen geringer sein müssen als auf den Eisenbahnen, und stellt sich die Stufenleiter der Frachtkosten wie folgt: Am billigsten im offenen Meere, dann auf Strömen und Flüssen mit geringen Strömungen, dann auf Kanälen mit grossen Abmessungen, welchen die Flüsse mit starker Strömung und die kleineren Binnenkanäle und endlich die Schienenstrassen folgen.

Nachtheile der Wasserstrassen, Verkehrsunterbrechungen. Als Nachtheil der Binnenwasserstrassen gegenüber den Eisenbahnen muss deren geringere Schnelligkeit und Pünktlichkeit im Verkehre, sowie der Umstand in Erwägung gezogen werden, dass die meisten derselben während des Winters einer Eissperre unterliegen und dass der Verkehr auf den natürlichen Wasserläufen ausserdem noch durch Hochfluthen und Niederwasser zeitweilig unterbrochen oder gestört werden kann.

Die Wintersperre trachtet man durch Enteisungen zu mildern, jedoch waren diese bisher nur an den Flussmündungen und auf einzelnen Stromstrecken von Erfolg begleitet, während auf Kanälen die Frage der Enteisung noch ungelöst ist. Wenn nämlich bei starkem Froste die Kanalflächen ganz zufrieren, ist deren Enteisung deshalb nicht durchführbar, weil die gebrochenen Eisplatten aus den stromlosen Haltungen nicht entfernt werden können und das Hinausziehen derselben auf die Böschungen eine viel zu langsame und kostspielige Arbeit erfordert. Das vereinzelt ausgeführte Ausschleppen von Eisschollen auf die Ufer mit Hilfe von schräg gelegten Balken und Ketten ist im Grossen nicht möglich. Man kann deshalb nur bis zum Eintritte des starken Frostes durch ununterbrochenes Befahren der Haltungen die Entstehung des Grundeises stören und hierdurch die Eisbildung verzögern.

Wenn die Enteisung auf Kanälen in Folge des Umstandes, dass die gebrochenen Schollen nicht fortgeschafft werden können, sehr schwierig ist, so ist sie jedoch auf Flüssen mittels entsprechend starker Eisbrechdampfer erfolgreicher durchführbar, weil die zertrümmerten Eisplatten von der Strömung abgeführt werden und man in dieser Weise, stromaufwärts im Thalwege fahrend, einen genügend breiten Fahrweg ziemlich lange eisfrei erhalten kann. Es ist jedoch selbstverständlich, dass die Enteisung eines Stromes, weil sie immer kostspielig ist, nur auf sehr verkehrsreichen Strecken stattfindet. Eine vollkommen eisfreie Bahn auf Flüssen kann übrigens auch nur bis zum Eintritte des starken Frostes erhalten werden.

Am erfolgreichsten sind noch die Enteisungen im Fluthgebiete der grossen Ströme, weil das Abtreiben der gebrochenen Eisschollen durch den Fluthabgang bei eintretender Ebbe befördert wird. Diese Enteisungen

Digitized by Google

der Mündungsgebiete geben, wenn dieselben auch theuer zu stehen kommen, dennoch einen grossen Nutzen, weil hierdurch die Seeschiffahrt mit dem Binnenstromverkehre im Spätherbste viel länger unterhalten und demselben im Frühjahre wieder viel früher angeschlossen werden kann (siehe auch Seite 45 bis 47).

Die Störungen des Verkehres auf den natürlichen Wasserstrassen durch Hochwasser und Wassermangel können bei entsprechender Regelung des Betriebes wesentlich gemildert werden. Auf der Donau beträgt die jährliche Betriebsfähigkeit durchschnittlich 290 Tage, hiervon fahren die Schleppe während etwa 160 Tagen mit voller Ladung; am Rhein dauert der Betrieb durchschnittlich 347 Tage, hiervon 194 Tage mit voller Ladung; auf der Elbe 301 Tage, darunter 180 Tage mit voller Ladung und auf der Oder 280 Tage, darunter 110 Tage mit voller Ladung. Auf den russischen Wasserstrassen dauert die Eissperre im Mittel 4 Monate, auf den deutschen Kanälen 14 Wochen und auf den französischen Kanälen 8 Wochen.

Tag- und Nachtbetrieb. Ein weiterer Nachtheil der natürlichen Wasserstrassen gegenüber den Eisenbahnen liegt darin, dass erstere den Betrieb nicht immer ununterbrochen Tag und Nacht durchführen können. Den Kanälen sind jedoch die Eisenbahnen in dieser Beziehung nicht überlegen, weil auf diesen der Tag- und Nachtbetrieb genau in derselben Art wie auf den Schienenstrassen unterhalten werden kann.

Durch zeitgemässe und geregelte Einrichtungen im Flussschiffahrtsbetriebe kann übrigens auch in diesem die Nachtleistung stark erhöht werden. So wickelt beispielsweise die Donau-Dampfschiffahrtsgesellschaft von ihrer durchschnittlichen Jahresleistung von 1 Milliarde Tonnenkilometer 33 pCt. im Nachtdienste ab. Ebenso besteht am mittleren Rhein und auf der mittleren Elbe ein lebhafter Nachtbetrieb und ist auf der Wolga der Tag- und Nachtdienst vortrefflich geregelt.

Einfluss der Wasserstrassen auf die Preisbildung der Güter. Die Wettbewerbungserfolge, welche die Eisenbahnen gegenüber den veralteten Binnenkanälen und den vernachlässigten natürlichen Flussläufen aufwiesen, hatten zur Folge, dass die Wasserstrassen durch längere Zeit in den Hintergrund getreten waren. Inzwischen ist man sich aber, in Folge des durch den allgemeinen Wettbewerb eingetretenen Zwanges nach billigen Frachtkosten und grosser Leistungsfähigkeit, über die Grenzen der Eisenbahnen in dieser Beziehung klar geworden nnd ist heute überall das Streben nach Wasserwegen erwacht.

Dieses Streben ist umso gerechtfertigter, als von der Billigkeit der Beförderungskosten bei dem heutigen wirthschaftlichen Wettkampfe der Länder untereinander das wirthschaftliche Wohl der Volksmassen abhängt. Denn die Erzeugungskosten der Güter sind, wie schon oben erwähnt, bis zu einem gewissen Grade von den Beförderungskosten abhängig und je billiger sich letztere stellen, umso grösser gestaltet sich der wirthschaftliche Aufschwung eines Landes. Je leistungsfähiger aber die Verkehrsmittel sind, umso billiger werden ihre Beförderungskosten. Die leistungsfähigsten Ver-

Digitized by Google

kehrswege sind aber unstreitig die grossen natürlichen Stromstrassen und die zeitgemäss gebauten Schiffahrtskanäle.

Das Verhältnis zwischen dem Werth des Gutes und der Höhe des Beförderungspreises ist die Ursache, dass bei kostspieligen Beförderungsmitteln nur höherwerthige Güter auf grössere Entfernungen hin absatzfähig sind, weil geringwerthige erst dann ein Absatzgebiet finden können, wenn billige Beförderungskosten das Verhältnis des geringeren Werthes des Gutes am Verwendungsorte auszugleichen vermögen. Infolgedessen haben die niederen Kosten der Wasserstrassen die Wirkung, neue wirthschaftliche Güter, neue wirthschaftliche Gebiete zu schaffen.

Die Absatzfähigkeit eines Gutes hängt in erster Linie von der Preisbildung desselben am Verkaufsorte ab, und wenn durch Erstellung niederer Beförderungskosten eine Herabsetzung des Verkaufspreises entsteht, so wird dieses Gut über seine bisherige Verkehrszone handelsfähig und zwar umso weiter, je grösser die Beförderungsverbilligung im Verhältnis zu dem Verkaufspreise steht.

Bei hochwertigen Gütern wie Seidenwaare, Bronze u. s. w. bilden natürlich die Beförderungskosten einen kaum nennenswerthen Theil des Verkaufspreises, bei minderwerthigen jedoch, wie Kohle, Holz, Erzen, Baumaterialien und Bodenerzeugnissen einen wesentlichen.

Angenommen, dass eine Tonne Gut am Erzeugungsorte 20 K. kostet und die Fracht hierfür bis zum Verkaufsorte A auf 100 km 3 K., bis B auf 200 km 5 K. und bis C auf 500 km 10 K. beträgt, so werden sich die Verkaufspreise durch die Fracht bis A um 15 pCt., bis B um 25 pCt. und bis C um 50 pCt. erhöhen. Diese Erhöhung des Verkaufspreises wird auf die Absatzfähigkeit des Gutes einen bedeutenden Einfluss ausüben, bis A wird es noch absatzfähig, bis B nur mehr beschränkt und bis C gar nicht mehr handelsfähig sein. Findet man aber beispielsweise in einer Binnenwasserstrasse das Mittel, für dieses Gut eine Verbilligung der Beförderungskosten mit 50 pCt. zu erreichen, so wird dasselbe mit einem Schlage weit über seine bisherige Verkehrszone A, B und C hinaus handels- und wettbewerbsfähig.

Aus diesen Ausführungen erhellt, dass alle Wasserstrassen von ausserordentlicher volkswirthschaftlicher Bedeutung sind.

Seeverkehr und Seeflotte. Hoch oben steht das freie Meer, dessen Leistungsfähigkeit unbegrenzt und welches nur von einem einzigen Nachtheile, den grösseren Gefahren der Seefahrt behindert ist. Die durch diese Gefahren bedingten höheren Versicherungskosten, sowie die Schwankungen in der pünktlichen Innehaltung fester Fahrzeiten fallen jedoch nur unwesentlich in die Wagschale.

Den Binnenwasserstrassen ist der Seeverkehr durch seine nicht begrenzte Verzweigungsfähigkeit und dadurch überlegen, dass er nie durch Wassermangel und, die Polargebiete ausgenommen, nie durch Eis gestört ist. Ferner verursacht die Unterhaltung der Seewege, mit Ausnahme der an den Endpunkten derselben nothwendigen Hafenanlagen, keine Bau- und Unterhaltungskosten.

Digitized by Google

Der gesammte Raumgehalt aller Seeschiffe beträgt derzeit rund 30,6 Mill. Tonnen, wovon 24 Millionen auf die Dampfer- und 6,6 Millionen auf die Segelflotte entfallen.

Nach 1000 Brutto-Registertonnen vertheilt sich die Seeflotte 1901 auf:

Grossbritanien, ohne Kolonien	13 656
Vereinigte Staaten	3 077
Deutschland	2 905
Norwegen-Schweden	2 327
Frankreich	1 406
Italien	1 117
Russland	889
Spanien	786
Japan	644
Holland	578
Dänemark	508
Oesterreich-Ungarn	486
Uebrige Länder	2221

Die herrschende Stellung im Seeverkehr nimmt demnach England ein, dessen Flotte, die Kolonialschiffe nicht mitgerechnet, rund 45 pCt. des Raumgehaltes aller übrigen Flotten beträgt. Die Handelsflotten der anderen Staaten haben jedoch in letzter Zeit auch eine verhältnismässig grosse Zunahme erfahren; insbesondere ist der Tonnengehalt der deutschen Flotte gestiegen. Eine weitere Verschiebung in dem Kräfteverhältnis der Dampferflotten ist ferner noch insofern eingetreten, als Frankreich, das noch im Jahre 1890 den zweiten Rang einnahm, nunmehr durch Nordamerika zurückgedrängt wurde.

Für die Beurtheilung der Entwickelung der Handelsflotten ist der auf einen Dampfer entfallende Raumgehalt massgebend. Der Tonnengehalt aller Dampfer ist von 11 913 000 im Jahre 1890 auf 21 787 000 zu Beginn des Jahres 1900*) gestiegen, die Anzahl der Dampfer in derselben Zeit von 9259 auf 12 280. Der mittlere Tonnengehalt eines Dampfers hat sich somit von 1280 auf 1770 erhöht.

Dieses fortwährende Steigen in den Dampferabmessungen ist auf das Bestreben der Rhedereien zurückzuführen, einen durch den grossen Tonnengehalt sich ergebenden möglichst hohen Gewinn zu erzielen. In dieser Richtung besteht gegenwärtig ein harter Wettstreit zwischen England und Deutschland. Im Jahre 1900 fuhren nach den Angaben des Lloyd's Register 21 Dampfer von 10 000 Tonnen und darüber unter englischer, und ebensoviele Schiffe gleicher Grösse unter deutscher Flagge.

Die grössten Dampfer der Welt sind heute der unter englischer Flagge fahrende „Celtic" und „Oceanic" der White Star Linie. Ersterer hat 213,40 m Länge, 22,86 m Breite und bei 14,94 m Tiefgang einen Tonnengehalt von 20 880, letzterer eine Länge von 214,88 m, eine Breite von 20,73 m und bei 14,94 m Tiefgang einen Tonnengehalt von 18 274. Die

*) Im Jahre 1900 ist die grösste Anzahl von Seeschiffen und zwar 1364 Dampfer mit 2 304 000 Tonnengehalt vom Stapel gelassen worden.

Digitized by Google

mittlere Geschwindigkeit des „Celtic“ beträgt 19, jene des „Oceanic“ 20 Seemeilen in der Stunde. (1 Seemeile = 1·852 km).

Zu dem Bestreben, Dampfer mit mächtigen Tonnengehalten zu bauen, tritt noch jenes hinzu, denselben möglichst grosse Fahrgeschwindigkeiten zu geben, so dass heute selbst Frachtendampfer mit durchschnittlich 15 Seemeilen in der Stunde nicht mehr selten sind. Thatsächlich hat die Schiffsbaukunst die Frage, Dampfer gewaltigster Abmessungen bei verhältnismässig geringem Kohlenverbrauche mit der grössten Geschwindigkeit auszustatten, glänzend gelöst. Während das von einer Pferdekraft zu fördernde Gewicht seit 1850 um das Vierfache zugenommen hat, ist der zur Erzeugung einer Pferdekraft erforderliche Kohlenverbrauch auf ein Drittel gesunken.

Die schnellsten Dampfer sind derzeit „Kronprinz Wilhelm“ des Norddeutschen Lloyd und „Deutschland“ der Hamburg-Amerika-Linie, ersterer mit 13 000 Tonnengehalt, 37 000 i. HP. und einer Probegeschwindigkeit von 23,3 Seemeilen in der Stunde, letzterer mit 11 000 Tonnengehalt, 37 500 i. HP. und einer Geschwindigkeit von 23,5; ferner die englischen Schwesterschiffe „Campania“ und „Lucania“ der Cunard-Linie mit je 32 000 ind. HP., 22,1 Seemeilen und 12950 Tonnengehalten. (Siehe nebenstehende Tabelle).

Während man mit diesen Riesendampfern heute die Ueberfahrt von Europa nach Amerika in 5½ Tagen zurücklegt, benöthigte man noch vor 50 Jahren 14 Tage. Dabei steigt die Anforderung, im Seeverkehr immer schneller und pünktlicher zu fahren, fortwährend. So ist in neuester Zeit das Projekt entstanden, einen „Vier-Tage-Dampfer“ zu bauen. Derselbe soll mit Turbinenmaschinen versehen werden und dauernd 30 Meilen = 55,55 km in der Stunde laufen, gegen die bisher erreichte Höchstleistung der „Deutschland“ von 23,51 Meilen = 43,54 km. Mit gewöhnlicher Maschinenanlage für 3 Schrauben würde derselbe 42 Doppelkessel, System Scotsh, erfordern, welche den Dampf für 3 Maschinen von je 37 000 i. HP. entwickeln müssten. Dieselben würden für eine Ueberfahrt von New-York bis Southampton 6500 t und bis Hamburg 8500 t Kohlen verbrauchen. Der Dampfer soll eine Länge von 283,4 m und eine Breite von 26,5 m erhalten. Er würde 9,20 m tief tauchen und 40 000 t Wasser verdrängen.

Unter diesen Verhältnissen ist es klar, dass in dem Masse als die Seedampfschiffahrt einen grossartigen Aufschwung nimmt, die Segelschiffahrt zurückgedrängt wird, weil, abgesehen davon, dass letztere über geringere Fahrgeschwindigkeiten verfügt, die Einrichtung regelmässiger Linien mit Segelschiffen naturgemäss nur schwer durchführbar ist. Mit Beginn 1900 zählte deshalb auch die Segelflotte nur mehr 27 000 Segler mit 7 200 000 Tonnen gegen 37 500 Segler mit 11 000 000 Tonnen im Jahre 1890*) und nur der Tonnengehalt der französischen Seglerflotte ist in neuester Zeit wieder im Steigen begriffen.

Beförderungskosten des Seeverkehres. Der gewaltige Tonnengehalt eines zeitgemässen Seedampfers und die von demselben zurückgelegten grossen

*) Zu Beginn 1901 zählt Lloyd-Register nur mehr 6 600 000 Seglertonnen.

Digitized by Google

Grössen- und Geschwindigkeitszunahme der Amerikafahrer.

Name	Baujahr	Deck- Länge	Deck- Breite	Tiefgang mit Kohle und Wasser	Deplacement in Tonnen	Indicirte Pferde-Kräfte	Geschwindigkeit in Seemeilen	Bauart Schiffskörper	Bauart Propeller
		Meter							
Britania	1840	65,53	10,44	7,39	1 731	740	8,5	Holz	Schaufelräder
Asia	1850	83,82	12,19	8,28	3 340	2 400	12,5		
Persia	1855	117,35	13,79	9,60	4 950	4 000	13,5		
Great Eastern . . .	1858	210,92	25,30	17,68	28 000	8 000	14,5	Eisen	Schaufelrad u. Schraube
China	1862	102,72	12,33	8,84	3 808	2 250	13,9		
Bothnia	1877	132,59	12,88	10,97	6 834	3 250	13,8	Eisen	Schrauben
Servia	1881	161,54	15,93	12,42	11 088	9 900	16,7		
Umbria	1884	160,00	17,45	12,19	12 290	14 500	18,6		
Paris	1889	170,68	19,20	12,80	15 000	20 000	20,7	Stahl	Schrauben
Campania und Lucania	1893	188,97	19,89	12,34	19 425	32 000	22,1		
Kais. Wilhelm d. Grosse	1897	197,81	20,12	13,11	21 000	31 000	23,0		
Oceanic	1899	214,88	20,73	14,94	32 500	28 000	20,2		
Deutschland	1900	209,09	20,42	13,41	23 500	37 500	23,5		
Celtic	1901	213,40	22,86	14,94	37 700	24 000	19,0		
Kronprinz Wilhelm .	1901	202,08	20,12	13,11	21 300	37 000	23,27		

Digitized by Google

Entfernungen ergeben im Seeverkehr gegenüber allen übrigen Verkehrsmitteln sehr geringe tonnenkilometrische Kosten, welche auf langen Seelinien bis unter 0,10 Heller sinken. So werden beispielsweise von Hamburg und Bremen nach Kiautschou, 21 000 km, für Eisen, Maschinen und Schwergut für die Tonne 35 Mk. gezahlt, was 0,17 Heller für 1 tkm beträgt. Für Kohlenrückfracht von England in die Donauhäfen, wenn die Seedampfer aus diesen Getreide nach England bringen, berechnet sich die tonnenkilometrische Gebühr oft auf nur 0,09 Heller. Die Seefrachten von England nach Ostindien stehen zumeist unter 0,10 Heller für 1 tkm.

Nebenstehende, dem Jahresberichte der Handelskammer in Mannheim entnommene Uebersicht über Getreide-Seefrachten nach Rotterdam und Antwerpen veranschaulicht die im Seeverkehre üblichen Transportpreise.

Angesichts solcher niederer Beförderungskosten ist es erklärlich, dass der europäische Binnentransport mit dem Seeverkehre nicht in Wettbewerb treten kann. So hat die Flussfracht Rotterdam—Mannheim für 10 Tonnen schon oft nur 40 K., die Seefracht New-York—Rotterdam 100 K. und jene Taganrog—Rotterdam 115 K., somit New-York bis Rotterdam 140 oder Taganrog bis Rotterdam 155 K. betragen, während der niederste Staffeltarif der Bahn für die entsprechende Binnenentfernung von 500 km aus Ostdeutschland nach Mannheim 170 K. beträgt. Trotz dieses billigen Bahntarifes wird somit das amerikanische oder russische Getreide den Mannheimer Markt immer vortheilhafter erreichen können als das ostdeutsche.

Beförderungskosten des Binnenverkehres. In demselben Verhältnisse, wie der Seeverkehr die Binnenschiffahrt in Bezug auf billige Beförderungskosten überragt, unterbietet die letztere die Frachtkosten der Schienenwege. Insbesondere ist die Binnenschiffahrt der Eisenbahn in der Abwicklung des Massenverkehres überlegen, trotzdem dass ihre Beförderungsgefässe nur in seltenen Fällen voll ausgenützt werden können. Eine volle Ausnützung des Laderaumes ist nur auf Kanälen möglich, auf Flüssen und Strömen ist sie von dem jeweiligen Wasserstande abhängig. Die Ausnützung des Donauschlepppraumes beträgt im Durchschnitte 65 pCt., auf den deutschen Flüssen schwankt dieselbe je nach den Stromgebieten zwischen 40 bis 70 pCt. und auf den Flüssen Nordfrankreichs beträgt sie kaum 50 pCt.

In dieser Beziehung ist daher der Betrieb auf den Binnenkanälen dem Flussschiffahrtsbetriebe überlegen. Dagegen stehen die Kanäle den Flüssen insoferne nach, als auf letzteren keine Zeitverluste durch Schleusungen eintreten und die breiteren Abmessungen der Fahrstrasse auf Flüssen es gestatten, eine grössere Anzahl Schleppe in Schleppzügen auf einmal zu ziehen. Ferner sind die Anlagekosten der Kanäle im Vergleiche zu den Kosten der Stromverbesserungen bedeutend grösser. Diese Umstände haben die Wirkung, dass auf den grossen natürlichen Wasserstrassen die Beförderungskosten im Allgemeinen billiger als auf den künstlichen sind.

Wie eingangs nachgewiesen, sind jedoch die Beförderungskosten auf den Eisenbahnen gegenüber jenen auf Flüssen und Kanälen weitaus grösser. Man darf aber beim Vergleiche zwischen Binnenwasserfracht und Schienenfracht nicht allein die Höhe der Fracht für 1 tkm neben einander stellen, sondern man

Digitized by Google

Monat	Ostsee			Schwarzes Meer			Petersburg			New York			La Plata			Indien		
	Königsberg			Odessa			2600 km			6450 km			Buenos-Aires			Kalkutta		
	1610 km			6500 km									12 500 km			14 500 km		
	für			für			für			für			für			für		
	1 Tonne K.		1 tkm H.	1 Tonne K.		1 tkm H.	1 Tonne K.		1 tkm H.	1 Tonne K.		1 tkm H.	1 Tonne K.		1 tkm H.	1 Tonne K.		1 tkm H.
	1896	1899		1896	1899		1896	1899		1896	1899		1896	1899		1896	1899	
Januar	6,40	4,00		9,35	**12,00**		7,20	6,40		12,35	**17,50**		17,65	19,00		12,35	15,50	
Februar	6,20	**3,90**		10,00	12,00		5,65	6,30		12,50	13,50		17,65	21,00		13,00	15,00	
März	6,20	4,40		10,00	11,20		5,80	6,20		5,70	15,00		16,00	22,00		14,00	**14,50**	
April	6,15	4,40		8,25	10,00		5,40	**6,00**		9,70	14,00		15,35	**18,00**		14,00	15,50	
Mai	6,40	4,30	Von	10,20	10,00	Von	**4,60**	6,00	Von	6,20	10,00	Von	15,00	18,50	Von	14,00	16,50	Von
Juni	6,40	4,50	0,24	8,85	10,00	0,15	6,85	6,20	0,23	11,50	9,50	0,14	12,65	21,50	0,14	**8,80**	17,50	0,10
Juli	6,45	4,00	bis	**7,20**	**9,40**	bis	6,65	6,00	bis	**5,50**	**8,50**	bis	**12,00**	22,00	bis	10,35	19,00	bis
August	**6,10**	4,50	0,29	8,70	9,80	0,19	6,45	6,40	0,26	6,20	13,50	0,28	12,00	22,50	0,22	9,65	20,50	0,17
September	6,20	4,80		9,30	11,00		6,30	6,40		11,25	13,50		14,00	23,00		11,00	21,00	
Oktober	7,30	4,80		11,35	12,00		9,60	**6,50**		12,20	15,50		14,20	**27,50**		9,65	**22,50**	
November	**8,90**	**5,00**		22,50	10,00		**11,50**	6,50		**21,00**	12,00		**20,00**	26,00		**16,40**	22,00	
Dezember	7,40	5,10		**23,50**	9,50		8,50	6,20		14,00	11,50		16,50	25,00		12,50	21,50	
Im Mittel	6,65	4,47		11,61	10,60		7,04	6,26		11,72	12,86		15,25	23,83		12,16	18,50	

Digitized by Google

muss auch den grösseren Umweg der Wasserwege und die geringere Fortgangsgeschwindigkeit auf denselben gegenüber der Bahn in Betracht ziehen.

Es ist aber zweifellos, dass auch unter Einrechnung des längeren Transportweges auf Wasserstrassen der Verkehr auf diesen auch in dem Falle noch immer um vieles vortheilhafter als jener auf den Eisenbahnen ist, wenn auf den Wasserstrassen für Verzinsung und Tilgung der für dieselben aufgewendeten Stromregulirungs- und Kanalbaukosten Gebühren eingehoben werden.

So wurde beispielsweise in der grossen deutschen Kanalvorlage eine Kanalgebühr für Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals, sowie zur Deckung der Erhaltungs- und Betriebskosten mit rund 0,72 Heller (auf kanalisirten Flüssen mit 0,36 Heller) für 1 Tonnenkilometer vorgesehen. Trotzdem werden in dem Begründungsberichte zu dieser Vorlage die Zugskosten am Mittellandkanal, einschliesslich der Verzinsung und Tilgung des im Bootspark angelegten Kapitales, im Durchschnitte mit 0,78 Heller für 1 Tonnenkilometer angenommen, womit sich die gesammten Beförderungskosten auf 1,50 Heller stellen würden.

Die Beförderungskosten am Mittellandkanale, verglichen mit dem niedersten Ausnahmesatz der Bahnen von 2,40 Heller für 1 Tonnenkilometer, stellen sich also selbst bei Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitales des Kanales noch immer viel billiger als jene der Eisenbahn.

Massengut- und Stückgutverkehr auf Wasserstrassen. Die Binnenwasserstrassen sind besonders für jene Verkehrsgüter wichtig, welche nur geringe Frachtkosten vertragen. Diese sind in erster Linie die Massengüter, bei welchen auch eine langsamere Beförderung und eine gewisse Unpünktlichkeit im Verkehre nicht in die Wagschale fällt.

Es ist jedoch ein Irrthum anzunehmen, dass die Wasserstrassen nur im grossen Massenverkehre, wie Kohle, Steine, Getreide, Holz, Erze u. s. w. den Eisenbahnen überlegen sind. Dieselben sind vielmehr auch in Bezug auf die Beförderung höherwerthiger Güter, also im Stückgüterverkehr, den Bahnen gleichwerthig.

Der Wettbewerb in der Industrie ist heute so lebhaft geworden, dass man den Nutzen eines billigen Frachtsatzes auch des höherwerthigen Gutes einer schnelleren und pünktlicheren Beförderung desselben gegenüberstellt. Es ist deshalb wahrzunehmen, dass die höherwerthigen Güter allenthalben in den Flussschiffahrtsbetrieb eindringen und es wird von den grösseren Schiffahrtsgesellschaften alles aufgewendet, durch einen regelmässigen pünktlichen Betrieb auch die höchstwerthigen Stückgüter an sich zu ziehen und unterbieten dieselben, besonders auf grössere Entfernungen, die Frachtsätze der Eisenbahnen sowohl in den hochwerthigen als auch in den geringwerthigen Gütern.

Dieses Eindringen der höherwerthigen Güter in den Wasserverkehr ist überall in starkem Zunehmen begriffen, weil eben das Bedürfnis nach billigen Beförderungskosten wegen des bestehenden wirthschaftlichen Wettstreites in der Industrie stetig zunimmt und weil dieses Bedürfnis, je stärker es sich geltend macht, umso weniger von den Eisenbahnen, welche doch in Erstellung der Tarife nicht unter ihre Selbstkosten gehen können, befriedigt werden kann.

Digitized by Google

Nachdem nun die Schiffahrt sowohl die Lieferfristen, wie auch die sonstigen Verfrachtungsbedingungen der Eisenbahn zu den ihrigen gemacht hat und die knappsten Lieferfristen einzuhalten bestrebt ist, so wird dieselbe folgerichtig in zahlreichen Verkehren der theuereren Bahnbeförderung vorgezogen.

Den Wasserstrassen bleiben übrigens die Eisenbahnen im Güterdienste immerhin dadurch überlegen, dass ihr Betrieb unabhängig von Witterungsverhältnissen ist, daher regelmässig und schneller abgewickelt werden kann, während derselbe auf ersteren durch Frost, Hochwasser oder Wassermangel oft fühlbar beeinflusst werden kann.

Es lässt sich übrigens durchaus nicht behaupten, dass höherwerthige Güter immer eine schnelle Beförderung erheischen. Es steht dieses nur bezüglich nicht haltbarer, dem Verderben leichter unterliegender Güter fest. Sind aber höherwerthige Güter haltbar, dann hängt es lediglich von den Umständen des der Versendung zu Grunde liegenden Geschäftsabschlusses ab, ob der Kaufmann die schnellere, aber theuerere Eisenbahnbeförderung, oder aber die langsamere und billigere Schiffsbeförderung für zulässig hält. Ist er eine Verpflichtung zu schneller Beförderung nicht eingegangen, so wird er die Wasserstrasse dem Schienenwege vorziehen.

Güterdienst auf der Donau, der Elbe und dem Rheine. Doch auch bezüglich der Schnelligkeit in der Beförderung kann die Wasserstrasse, wenn deren Betrieb entsprechend geregelt ist, mit den Eisenbahnen erfolgreich in Wettbewerb treten.

So besteht beispielsweise auf der Donau von Regensburg bis Galaz ein geregelter und pünktlicher Eilfrachtdienst. Ein in Wien abends aufgegebenes Gut ist den nächsten Abend in Budapest, den vierten Tag in Belgrad, den neunten Tag in Galaz.

Von der durchschnittlichen jährlichen Frachtmenge von 2,1 Millionen Tonnen der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft werden

1 000 000 = 49 pCt. Kaufmannsgüter einschliesslich Mehl, Kleie, Holz aller Art, Ziegel, Steine, Sand und Pech,
900 000 = 42 pCt. Körnerfrüchte und
200 000 = 9 pCt. Kohle

befördert. Während die Körnerfrüchte, Holz und Kohle zum grössten Theile Bergfrachten darstellen, gehen von den Kaufmannsgütern 50 pCt. zu Thal, ein Beweis, dass die Donauschiffahrt, besonders in dem schnelleren Thalverkehr, die Eisenbahnen im Güterdienste erfolgreich unterbietet.

Die Elbe ist dagegen schon durch ihre Lage und unmittelbaren Anschluss an den Welthafen Hamburg in der Lage, auch im Bergverkehr mit dem Stückgüterdienst der Eisenbahnen in scharfen Wettbewerb treten zu können, weil sie durch ihren grossen Kohlenthalverkehr, welcher 70 pCt. der gesammten Thalmenge beträgt, sehr billige Rückfrachttarife zu Berg erstellen kann. Der auf der Elbe ausgebildete Eilgutdienst ist deshalb sowohl zu Thal, als auch zu Berg gegenüber dem Eisenbahnbetriebe sehr lohnend. Derselbe ist übrigens vortrefflich geregelt. Die Eildampfer verkehren sowie die Donaufrachtdampfer fahrplanmässig. Die Strecke Laube—Hamburg, 630 km, wird bei halbwegs günstigem Wasserstande in der Thalfahrt von den Dampfern in

Digitized by Google

3 Tagen, die Bergfahrt in 8 Tagen zurückgelegt. Dabei nehmen die Frachtdampfer 100 bis 150 Tonnen Eilgüter an Bord und schleppen noch einen Kahn mit etwa 250 Tonnen Ladung, so dass sie bis 400 Tonnen Eilgüter in einer Fahrt befördern.

Am Rhein besteht ein Güterschnelldienst zwischen Mannheim und Rotterdam und zwischen Köln und Mannheim. Die am Morgen von Köln

Bild 289. Schraubenfrachtboot zwischen Köln-Rotterdam-London.

abgehenden Güter sind am Mittag des folgenden Tages in Mannheim. Ebenso bieten die Frachtdampfschiffe im regelmässigen Dienste nach Rotterdam und Amsterdam den Eisenbahnen im Eilgutverkehre eine starke Konkurrenz. Sie durchfahren mit einer Schnelligkeit von 10 km in der Stunde zu Berg und 15 km zu Thal, in einem Tage 150 bis 200 km. Ein den überseeischen Güterverkehr vermittelnder Rheindampfer ist im Bilde 289 dargestellt.

Digitized by Google

15. Abschnitt.

Wettbewerb zwischen Eisenbahn und Schiffahrt.

Eisenbahnverkehre. Die oft aufgestellte Behauptung, dass zwischen den Eisenbahnen und den Wasserstrassen ein lebhafter Wettbewerb nicht die Folge zu sein braucht, ist nach den vorhergehenden Ausführungen nicht zutreffend. Im Gegentheile sind die Wasserstrassen eben in neuerer Zeit zum Bewusstsein ihrer Bedeutung im gesammten Verkehrswesen gekommen und trachten in allen Verkehrsgebieten mit den Eisenbahnen und umgekehrt in schärfsten Wettbewerb zu treten.

Die Eisenbahnen behaupten dabei hauptsächlich jene Verkehre, bei welchen es dem Versender auf Schnelligkeit und grössere Pünktlichkeit in der Beförderung ankommt, ferner die Zuführung und Abführung der mit den Wasserstrassen ankommenden Güter, sowie jenen örtlichen Verkehr, den die Wasserstrassen nicht erreichen können. Endlich bilden die Personenbeförderung, die Post und der Eilgutdienst das ihnen eigenthümliche Verkehrsgebiet.

Uebrigens bleibt den Eisenbahnen durch ihre grosse Verzweigungsfähigkeit auch im Massengutverkehr immer ein entsprechender Antheil, welcher auch höhere Frachtsätze verträgt, erhalten. So hat beispielsweise auf den in der Wettbewerbszone mit dem Rheine liegenden preussischen Eisenbahnen die auf ein Bahnkilometer gefahrene Tonnenzahl, insbesondere im Kohlen- und Erzverkehre, 1899 gegenüber 1890 um 25 pCt. zugenommen. Dabei waren die billigsten Bahnsätze durchschnittlich um 25 pCt. höher als die bezüglichen Rheinsätze. Der Antheil der Eisenbahnen an den im östlichen Frankreich ursprünglich von der Kanalschiffahrt geschaffenen Verkehren in chemischen Erzeugnissen, Soda, Erzen und in Kohle wird immer grösser und einzelnen Kanalstrecken der Verkehr von den Bahnen durch ihren in der Umgangssprache mit dem Namen „Zwei Centimes Tarif“ bezeichneten Frachtsatz fast gänzlich entzogen, obwohl die Kanalsätze immer um 20 pCt. niedriger waren. Als Ursache dieser Erscheinung wird allerdings angeführt, dass der Betrieb auf vielen der dortigen Kanäle mit dem ursprünglichen Pferdezuge, sowie den nicht mehr zeitgemässen hölzernen Pinassen und anderen schwerfälligen Kähnen von dem technisch vorgeschrittenen Eisenbahnbetriebe eben überflügelt werden musste. In erster Linie sind aber wohl die geringen Abmessungen der dortigen Kanäle die Schuld an deren Verkehrsrückgang, was am besten der bereits erfolgte Umbau des Kanales du Centre beweist, dessen Verkehr in den letzten Jahren wieder ausserordentlich gestiegen ist.

Tarifarische Massnahmen der Eisenbahnen. So wie die Wasserstrassen in den höherwerthigen Güterverkehr der Eisenbahnen einzudringen sich be-

Digitized by Google

streben, so trachten letztere, die Wasserstrassen im Massengutverkehr durch Erstellung billiger Frachtsätze, welche auf längere Entfernungen hin besonders gering angesetzt sind, zu bekämpfen. Bekannt sind die weit ausholenden tarifarischen Massnahmen der deutschen Bahnen, die dem Rheinbecken zugehenden Güter wieder an sich zu ziehen und enthalten die dortigen Eisenbahnbegünstigungen in den Verkehren mit den deutschen Seehäfen die denkbar niedersten Bahnantheile.

In neuerer Zeit wurde, um den Industrieverkehr auf die Bahnen zu überleiten, der sogenannte Levantetarif geschaffen. Dieser wurde 1890 für Hamburg erstellt und damit zwischen Hamburg und den hauptsächlichsten Häfen der Levante eine regelmässige Schiffahrtsverbindung, „Deutsche Levante-Linie", eröffnet. Es ist auf solche Weise unter völliger Umgehung der Wasserwege am Rheine und der Elbe, sowie der doch am kürzesten gehenden Donaustrasse ab Regensburg ein unmittelbarer Güterverkehr über Hamburg seewärts nach den Hafenplätzen Syra, Smyrna, Piraeus, Saloniki, Konstantinopel, Burgos, Küstendje, Odessa, Nikolaeff, Batum, Braila, Galaz für die hauptsächlichsten Ausfuhrartikel Deutschlands, wie Blei, Zement, Eisen, Stahl, Holzwaaren, Maschinen, Zucker, Gewebe und Industrieartikel aller Art eingerichtet worden und die Antheilsätze, welche sich die preussischen, sächsischen und späterhin zum Theile auch die bayerischen Bahnen rechnen, sind in manchen Verkehrsbeziehungen so nieder, dass sie unter die Selbstkosten fallen.

Staffeltarife. Die Grundlage der tarifarischen Bekämpfung der Wasserstrassen besteht in erster Linie darin, dass die Eisenbahnen statt eines für jedes Kilometer gleich hohen Streckensatzes für längere Entfernungen billigere, nach den Beförderungslängen sinkende Sätze, Staffeltarife, aufstellen. Die Staffeltarife werden derart erstellt, dass beispielsweise der Satz bis 100 km mit 4 Heller, von 100 bis 200 km mit 1 Heller, über 200 km wieder mit 2 Hellern u. s. w. festgesetzt wird.

Ein richtig abgestaffelter Tarif ist übrigens in den Selbstkosten sowohl der Schiffahrt, als auch der Bahn begründet, welche auf längere Entfernungen verhältnismässig geringer sind, als für Beförderungen auf kurzen Strecken. Ein solcher Tarif hat ferner für die Eisenbahn den grossen Vortheil, dass er die Sätze für geringe Entfernungen, bei denen ohnedies der Hauptverkehr stattfindet, unberührt lässt und nur die Sätze auf weite Entfernungen ermässigt, in denen der Verkehr noch gering ist und durch die billigen Sätze erst beschafft werden soll. Hierdurch bewirkt er neue Einnahmen mit verhältnismässig geringen Betriebsmehrkosten.

Da aber die derart abgestuften Tarife der Bahnen, auch auf die weitesten Entfernungen hin, doch in solcher Höhe gehalten werden müssen, dass sie die durch dieselben bedingten Betriebskosten überschreiten, so werden sie immer noch wesentlich höher als die bezüglichen Wasserstrassensätze sein. Giebt aber die Bahn noch niedrigere Begünstigungstarife, so schädigt sie einerseits ihre Rente, andererseits kommt diese Begünstigung nur immer ganz bestimmten Interessengruppen zugute, während die Allgemeinheit keinen Vortheil davon geniesst, wogegen die schon naturgemäss niederen Transportpreise der Wasserstrassen immer viel wirksamer als alle Begünstigungstarife der

Digitized by Google

Eisenbahnen die allgemeine Betheiligung des Gemeinwesens an den billigen Beförderungen ermöglichen.

Wenn also beispielsweise die Staatseisenbahnen durch Staffel- und Differentialtarife, sowie durch noch weitere besondere Frachtbegünstigungen auf den parallel dem Wasserwege gehenden Linien die Binnenschiffahrt auf dem Gebiete des Fernverkehres zu unterbieten suchen, so ist dieses nur insolange richtig und in Bezug auf den Staatshaushalt zu rechtfertigen, als sich dieselben durch diese Sätze in ihrem Ertrage nicht selbst schmälern. Wirthschaftlich unrichtig ist es aber, wenn in an den Schiffahrtsverkehr anschliessenden Zufuhr- und Abfuhrstrecken die staatlichen Bahnen grundsätzlich nur hohe Anschlusstarife erstellen und den Wechselverkehr überdies noch durch willkürliche Bestimmung und Einhebung von Geleise- und Ueberladungsgebühren von den Hauptbahnhöfen zur Flusslände und umgekehrt vertheuern. Dies ist aber die verwundbarste Stelle der Binnenschiffahrt, an welcher sie von der Eisenbahnverwaltung getroffen werden kann, denn die Binnenschiffahrt gedeiht nur im Zusammenwirken mit den Eisenbahnen, weil deren Frachtwege zumeist an diesen enden und beginnen und die Wasserstrasse nur selten in grosse Seehafenplätze unmittelbar mündet.

Frachtrücklässe. Am schädlichsten wirkt in wirthschaftlicher Richtung und vom Standpunkte der Erträgnisse sowohl der Eisenbahnen, als auch der Schiffahrt die hauptsächlich durch die scharfe Wettbewerbung beider hervorgerufene Einrichtung der Frachtrücklässe, Refaktien.

Die Refaktie ist die nachträgliche Rückerstellung eines Theiles der zu allgemeinen öffentlichen Tarifen berechneten Beförderungsgebühren. Hierdurch werden jedoch meist nur bestimmte Grossverfrachter zum Nachtheile der Allgemeinheit bevorzugt, weil nur grössere Geschäftsunternehmungen in der Lage sind, den zur Erlangung eines Frachtrücklasses gestellten Bedingungen der Auflieferung grösserer Mengen innerhalb gewisser Zeiträume und für bestimmte Beförderungsstrecken zu entsprechen. Durch die sich immer überbietenden Höhen der Frachtrücklässe schädigen sich daher Bahnen und Schiffahrt gegenseitig ganz ausserordentlich, ohne dass hiervon die Allgemeinheit wirthschaftlich Nutzen ziehen würde.

Die Nachtheile dieses Unwesens treten insbesondere bei den Verkehrsmitteln des Binnenlandes zu Tage, weil diese unmittelbar ebenso in die grossen, wie auch in die viel zahlreicheren kleinen Wirthschaftskreise eingreifen, der Kleinbetrieb aber immer nur eine geringe Menge erzeugt, daher die zur Erlangung einer Refaktie erforderlichen Mengen nicht aufbringen, in Folge dessen auch an dem Gewinn aus der wohlfeilen Benützung der Verkehrsmittel durch Frachtrücklässe nicht theilnehmen kann. Aus diesem Grunde ist es allgemein wirthschaftlich falsch, dass dem grossen Frächter seitens der Eisenbahnen und der Schiffahrt besondere und noch weitergehende Begünstigungen eingeräumt werden, als es ohnehin im Wesen der Betriebswirthschaftlichkeit dieser Verkehrsmittel liegt und den in den Tarifen derselben niedergelegten Grundsätzen entspricht.

Die Flussschiffahrt, deren Leistungsfähigkeit durch vielfache Faktoren

Digitized by Google

bedingt ist, muss allerdings ihre Frachtsätze nach diesen regeln und daher im Massengutverkehre oft besondere Begünstigungen einräumen. Jedoch kann an diesen die Allgemeinheit voll theilnehmen, da die Schiffahrt für Schleppladungen in der Regel Jedermann die gleichen Begünstigungen einräumt. Die Wasserfrachten können eben nur bis zu einer gewissen Grenze an bestimmte Tarife gebunden werden, weil die Schiffahrt von den verschiedensten Umständen abhängig ist. In der Binnenschiffahrt schwanken deshalb die Frachtsätze, abgesehen davon, dass sie von dem Verhältnisse der jeweilig vorhandenen Frachtmenge zum verfügbaren Schleppraume abhängig sind, weil sie von den Wasserstands- und Witterungsverhältnissen, von der Möglichkeit einer Rückladung und endlich von der erhöhten Versicherungsgebühr im Spätherbste oder für kritische Stromstrecken beeinflusst werden.

Bei der Seeschiffahrt kommen die Bedenken des Frachtrücklasswesens viel weniger zur Geltung, weil der Kleinbetrieb kaum in die Lage kommt, sich der Seeschiffahrt als Beförderungsmittel für seine erforderlichen Rohstoffe und Erzeugnisse unmittelbar zu bedienen, daher auch die Seeschiffahrt in erster Linie nur den Interessen des Grosshandels und Grossbetriebes dient und die Interessen des allgemeinen und kleineren Handels nicht sowie die Binnenschiffahrt oder die Eisenbahnen in ihre Zone bezieht. Die Seefrachten haben deshalb Werthkurse wie die Börsenpapiere, sie werden börsenmässig gehandelt und steigen und sinken je nach dem Angebot von Laderaum.

Betriebstechnische Massnahmen der Eisenbahnen. Um den Wettbewerb mit den Wasserwegen erfolgreicher aufnehmen zu können, machen die Eisenbahnen auch in betriebstechnischer Beziehung alle Anstrengungen, um ihre Leistungsfähigkeit zu steigern. Dieses Bestreben liegt jedoch, im Gegensatze zu den tarifarischen Massnahmen, vollkommen im allgemeinen wirthschaftlichen Interesse und soll daher in weitestgehender Weise gefördert werden.

So sind die Bahnen bestrebt, durch Erhöhung der Tragfähigkeit ihrer Güterwagen, wie dieses bereits einige amerikanische Bahnen gethan, und durch Einrichtung derselben zur Selbstentladung ihre Betriebskosten zu verringern.

In der rheinisch-westfälischen Industriezone besteht beispielsweise ein derart dichter Eisenbahnverkehr, dass nach der Zahl der versandten und empfangenen Tonnen im Jahre 1898 auf 1 km Bahnlänge im Ruhrgebiet 90 000 Tonnen entfielen. Dieser Verkehr kann von den Eisenbahnen mit den jetzigen Güterwagen von 10 Tonnen kaum mehr bewältigt werden. In Preussen hat man deshalb bereits begonnen, die offenen, zweiachsigen Güterwagen durch Anbringung einer dritten Achse von 10 auf 15 Tonnen Ladegewicht zu erhöhen, ebenso hat sich die preussische Staatseisenbahnverwaltung zum Bau dreiachsiger Güterwagen von 25 Tonnen Tragfähigkeit entschlossen, wodurch sie eine Ersparnis an rollenden Güterwagen und an Rangirraum in den Bahnhöfen von 25 pCt. zu erzielen und, nachdem ein Güterzug mit 25 Tonnenwagen beiläufig um 25 pCt. mehr als die bisherigen wird leisten können, auch den dichtesten Verkehr zu bewältigen hofft.

Digitized by Google

In Amerika wurde bereits eine grosse Anzahl von 30 Tonnenwagen, aus gepresstem Stahl, in Betrieb gebracht, wodurch sich das Verhältnis der Nutzlast zur todten Last bedeutend günstiger, daher die Zugskosten entsprechend niederer stellen. Die Eisenbahnwagenfabrik Zypen und Charlier bei Köln hat übrigens auch schon Selbstentlader für Erzsendungen von 52 cbm Inhalt = 50 Tonnen Tragfähigkeit gebaut.

Betriebstechnische Massnahmen der Schiffahrt. Jedoch kann auch die Schiffahrt durch zweckentsprechende Einrichtung und Ausgestaltung ihrer Landungsplätze, Lagerhäuser und der Ladevorrichtungen, sowie durch Errichtung von geeigneten Umschlagsplätzen, in welchen die Schleppe rasch ein- und ausgeladen werden können, noch wesentlich wirthschaftlicher ausgestaltet werden.

Was durch Vermehrung und bessere Ausgestaltung der Hafen- und Ladeeinrichtungen zu erreichen ist, zeigt am deutlichsten ein Vergleich zwischen dem in dieser Beziehung vorzüglich eingerichteten Seeschiffahrtsbetriebe mit der Flussschiffahrt. Während beispielsweise die Seefrachtdampfer zwischen Hamburg und New-York in einem Jahre oft 14 Reisen zurücklegen, ist bei der Flussschiffahrt die Zahl der jährlich zurückgelegten Reisen verhältnismässig sehr gering. Einerseits beträgt die Zahl der Schiffahrtstage im Jahre kaum 300, anderseits kann von diesen Tagen nur in wenigen mit voller Ladung gefahren werden. Von den Betriebstagen entfallen wieder nur beiläufig $^1/_3$ auf die Fahrt, während $^2/_3$ für das Löschen und Laden, das Warten auf Ladung oder Ausladung der Schleppe verloren gehen, wodurch sich natürlich die Schiffsfrachten bedeutend vertheuern.

Es liegt sowohl im Interesse der Schiffahrt, als auch der Bahnen und des Staates, durch Vermehrung der Häfen und Umschlagplätze, sowie durch bessere, allen Anforderungen der Neuzeit entsprechende Lösch-, Lade- und Lagerungseinrichtungen, diese Verzögerungen und Aufenthalte einzuschränken und hierdurch den allgemeinen Transportbetrieb zu beschleunigen und zu verbilligen.

Einwirkung des Wasserverkehres auf das Bahnerträgnis. Die Binnenwasserstrassen werden vielfach deshalb angegriffen, weil sie durch den Wettbewerb, den sie den Bahnen machen, die vom Staate mit grossen Geldmitteln geschaffenen Eisenstrassen zu schädigen geeignet sind.

Diese Behauptung ist wohl zu weitgehend, denn wenn auch die Wasserstrassen durch die Möglichkeit ihres wesentlich billigeren Verkehres den Eisenbahnen grosse Verkehresmengen entziehen, so bringen sie umgekehrt dadurch, dass sie eben durch ihre Billigkeit neue Güter verkehrsfähig machen, den Eisenbahnen wieder Verkehre zu, und geschieht dieses wohl in demselben Masse, als sie den Eisenbahnen Verkehrsmengen abnehmen. Ein grosser Theil der von den Wasserstrassen geschaffenen neuen Verkehre muss ja den Bahnen schon deshalb zukommen, weil diese, durch ihre weite Verzweigungsfähigkeit in alle Industriegebiete ausmünden und diesen die vom Wasser gebrachten Mengen zuführen.

Digitized by Google

Dauernd erleiden deshalb die Eisenbahnen durch die Wasserwege wohl keinen grossen Nachtheil. Dadurch aber, dass die Wasserstrassen die minderwerthigen Massengüter, welche nur einen sehr geringen Frachtsatz vertragen, in Folge ihrer geringeren Zugskosten an sich ziehen, steigt die Leistungsfähigkeit der Eisenbahnen in Bezug auf den Verkehr mit höher tarifirbaren Gütern, was für sie nur von Vortheil ist, weil dadurch ihre Ertragsrente gesteigert wird.

Dass das Eindringen der Bahnen in den nur billige Frachtsätze vertragenden Massengutverkehr auf deren Ertrag nur ungünstig einwirken kann, mag durch folgende, allerdings ganz allgemein gehaltene Berechnung klargelegt werden.

Nach der Statistik für 1899 betrug die Frachteinnahme der k. k. österreichischen Staatsbahnen:

für	72 739 Tonnen	Gepäck	2 834 536 K.	
„	251 340 „	Eilgut	7 340 134 „	
„	1 899 407 „	Stückgüter . . .	23 099 978 „	
„	28 997 418 „	Wagenladungsgüter	130 308 432 „	
zusammen für	31 220 904 Tonnen	Güter	163 583 080 K.	

Die tonnenkilometrische Einnahme für Frachtgut berechnet sich auf 3,96 Heller, der Betriebs-Koeffizient wird mit 75,63 pCt. angenommen.*) Nachdem sich die Betriebsausgaben für jede Tonne Fracht gleich hoch stellen, so ergiebt sich, dass, um diese 31,2 Millionen Tonnen zu fahren, 75 pCt. der Einnahmen also 123 Millionen Kronen oder für 1 Tonne 2,52 Kronen oder für 1 tkm. 1,70 Heller ausgegeben werden musste, welche Betriebsausgabe dem billigsten Ausnahmetarife II der ermässigten Wagenladungsklasse über 300 km entspricht, der sich auf 1,70 Heller für 1 tkm. berechnet. Wenn man bedenkt, dass die Selbstkosten der Bahnen sich auf nahezu 1,60 Heller pro tkm stellen, dass sich obige Einnahme mit 1,70 Heller erfahrungsgemäss durch Rückvergütungen, Verbands- und Anschlusstarife noch verringert, so kann gefolgert werden, dass durch diese, mit so billigen Sätzen beförderten Massengüter für die Staatsbahn keine Reineinnahmen erzielt wurden, weil dieselbe grosse Gütermengen unter ihren Selbstkosten geführt hat und dass die von ihr erzielte mässige Rente von 2,89 pCt.**) nur aus dem Frachtertrage der höher tarifirten Gütermengen stammt.

Würden aber Wasserstrassen mit ihren zulässigen, billigen Zugskosten den Staatseisenbahnen diese verlustbringende Arbeit abnehmen, so müsste die Rente derselben entsprechend steigen, wie dieses die deutschen Staatsbahnen beweisen, welche nach Konta eine durchschnittliche Verzinsung von 5,57 pCt., die preussischen Staatsbahnen sogar von 6,76 pCt., ergeben.

Wenn die staatlichen Eisenbahnen den ganzen Verkehr allein zu bewältigen haben, müssen sie eben, durch die Ansprüche des Handels und der Industrie gedrängt, um den öffentlichen Interessen zu genügen, auch für minderwerthige Massengüter ihre Tarife fortwährend herabsetzen und da sie für niedertarifirte Güter fast die gleich hohen Betriebskosten wie für hoch-

*) Nach Russ.
**) Nach Konta.

Digitized by Google

tarifirte haben, erstere Güter aber immer in grossen Mengen auftreten, so muss sich folgerichtig eine Verminderung ihres Reinertrages ergeben. Aus diesem Grunde ist man auch berechtigt anzunehmen, dass die gegenüber den österreichischen Staatsbahnen höhere Rente der deutschen Bahnen, abgesehen von deren streckenweise grossen Verkehrsdichte, wohl auch auf den Umstand zurückzuführen sei, dass letztere durch die Wasserstrassen in der Beförderung geringwerthiger, daher niedertarifirter Güter entlastet werden.

Andererseits hat aber wieder jede, im Verkehrsgebiete einer Eisenbahn gehende Wasserstrasse die übrigens in wirthschaftlicher Beziehung wichtige Wirkung, dass die Eisenbahn willkürlich ihre Frachtsätze nicht zu hoch stellen kann, sohin durch eine Wasserstrasse der eiserne Wall der hohen Bahntarife durchbrochen wird. So ist nach Ulrich die durchschnittliche Fracht für ein Tonnenkilometer auf den preussischen Bahnen gesunken:

1850	10,33 Pf.
1860	7,00 „
1870	4,66 „
1880	4,33 „
1890	3,81 „
1895	3,53 „

Wenn dort keine Wasserwege bestünden, so würden diese Ermässigungen zumindest nicht so gross geworden und viel langsamer vor sich gegangen sein.

Sinken des Ertrages der Transportanstalten. Frachtzusammenschluss. Schliesslich muss aber wohl festgehalten werden, dass der Zweck der beiden Verkehrsmittel nicht der Kampf um die gegenseitigen Verkehrsgebiete sein kann, sondern dass sich dieselben, wenn auch zu Beginn der Wettbewerb ein scharfer ist, in den vorhandenen Verkehr und in die durch die Wasserstrassen neu geschaffenen Verkehre, nach Massgabe ihrer besonderen Betriebseigenschaften, theilen sollen, wodurch mit der Zeit ein gegenseitiger Ausgleich ihrer Interessen eintritt. So vertheilt sich beispielsweise der grosse Kohlenverkehr zwischen Belgien und Frankreich mit 42 pCt. auf die Wasserstrassen und mit 58 pCt. auf die Eisenbahnen. Der Verkehr von Berlin 1898 auf die Eisenbahn mit 6400 000 und auf die Wasserstrasse mit 5600 000 Tonnen.

Das durch den Wettbewerb zwischen Eisenbahn und Schiffahrt eingetretene fortwährende Sinken der Frachtsätze und die hierdurch bedingte Schmälerung des Ertrages beider Verkehrsmittel kann aber, allerdings nur bis zu einer gewissen Grenze, durch entsprechende gegenseitige Feststellung der Frachtsätze gemildert werden. Natürlich können die Frachtsätze der Wasserstrassen nie so hoch gestellt werden als jene der Eisenbahnen, denn dann würden die Verfrächter und Empfänger sofort geneigt sein, der pünktlicheren Eisenbahnbeförderung den Vorzug zu geben, und umgekehrt, können die Eisenbahnfrachtsätze nur bis über ihre Selbstkosten den Schiffsfrachten entsprechend heruntergesetzt werden. Alle Frachtsätze sowohl der Bahn, als auch der Wasserstrasse könnten aber hierdurch immerhin so hoch gehalten werden, dass sich, bei entsprechender Theilung des Verkehres, einerseits noch ein nutzbringender Ertrag für die Transport-

Digitized by Google

anstalten, andererseits nicht zu hohe Frachtkosten für die Allgemeinheit ergeben. Das Gleiche gilt in erhöhtem Masse bezüglich des oft geradezu sinnlosen Wettbewerbes der Schiffahrtsgesellschaften untereinander, welcher weder dem Produzenten noch dem Konsumenten zugute kommt, sondern von dem nur der Zwischenhändler oder einige Grossverfrächter einen Nutzen ziehen. Es ist übrigens ein alter Erfahrungssatz, dass für den Kaufmann viel weniger der Umstand wichtig ist, dass er den niedersten Frachtsatz erreiche, als der, dass sein Konkurrent keinen niedereren Frachtsatz als er erhält.

Im Schiffahrtsbetriebe selbst wird selbstverständlich immer ein Wettbewerb vorhanden sein, weil der kleine Privatschiffer naturgemäss geringere Schiffskosten als die vergesellschaftlichte grössere Schiffahrt hat. Die grösseren Transportanstalten eines Verkehrsgebietes sowohl zu Wasser, als zu Lande werden aber durch einen entsprechenden gegenseitigen Frachtzusammenschluss immerhin ihre Tarife so hoch halten können, dass ihnen ihr rechtlich zukommender Ertrag gesichert bleibt.

Durch einen solchen Anschluss würden dann die in statistischen Veröffentlichungen verzeichneten Mindesttarife bald verschwinden, welche nicht nur die Laienkreise, sondern auch oft die berufsmässigen Volkswirthe und Handelspolitiker irreführen, weil sie oft nur Verzweiflungstarife in Folge Vorhandenseins eines grossen Schiffsladeraumes oder die Ergebnisse der Laune eines Einzelschiffers sind und nun, bei Beurtheilung des volkswirthschaftlichen Werthes einer Verkehrslinie verwendet, zu argen Trugschlüssen führen.

Durch eine den Verkehrsmitteln der Eisenbahn und der Schiffahrt entsprechende Verkehrstheilung kann dann eine den beiden Interessen derselben dienende Verschiebung des Güterverkehres eintreten. Die Wasserstrasse wird der Bahn diejenigen Güterarten, insbesondere die Massengüter, abnehmen, welche sie zweckmässiger befördern kann, wodurch letztere wieder von diesen geringwerthigeren niedertarifirten Gütern, welche ihr aber die gleichen Selbstkosten als die höher tarifirten verursachen und denen zu Liebe, weil dieselben meist in grosser Menge auftreten, sie oft Neuinvestitionen an Betriebsmitteln machen muss, entlastet wird.

Frachtsätze und Selbstkosten. Diese Verkehrstheilung muss aber selbstverständlich unter Zugrundelegung von logisch aufgebauten und unter allen Umständen nutzbringenden Tarifen geschehen. Die Staffeltarife bieten hierfür die einwandfreieste Form, nur müssten sie einheitlich und planmässig erfolgen und nicht so wie heute, wo sie nur dem Namen nach solche und mehr als Ausnahmetarife anzusehen sind, welche von Fall zu Fall für einzelne Artikel, Industrie- und Handelsgruppen gewährt werden und durch jede neue Gewährung wieder entgegenstehende Interessen verletzen, die dann wieder durch weitere Frachtbegünstigungen geregelt werden müssen, wodurch schliesslich ein Chaos unentwirrbarer Tarife entsteht, in dem sich die Allgemeinheit nicht zurechtfindet und die in Folge dessen wieder nur den Zwischenhändlern des Transportswesens, den Spediteuren, Nutzen bringen.

Nur durch den oft sinnlosen Wettbewerb zwischen den Transportanstalten und durch die auch nicht seltene Berücksichtigung von Sonderinteressen, sowie durch das Dazwischentreten des Speditionswesens wird der

Digitized by Google

Aufbau von klaren Tarifen so ausserordentlich erschwert und gestalten sich die Frachtbildungen oft zu den merkwürdigsten Auswüchsen unlogischen Denkens. Liegt denn thatsächlich ein zwingender Grund zur Gewährung von billigen Tarifen für einzelne Speditionshäuser vor und sind die Sammel- oder Waggonladungstarife gerechtfertigt? Können denn die grossen Transportanstalten mit ihrem ausreichenden Beamtenstand und ihren zahlreichen Magazinsräumen nicht auch selbst die Einzelgüter bis zum Gewichte einer Waggonladung sammeln und die dadurch sich ergebenden Frachtdifferenzen zur Erhöhung ihres Erträgnisses verwenden? u. s. w.

Bei geklärten Verhältnissen und bei einem Anschlusse der Verkehrsanstalten untereinander würde aber der Aufbau der Frachtsätze nach dem Prinzipe: für jede Transportleistung (= Last mal Entfernung) eine äquivalente Gebühr aufzustellen, innerhalb gewisser Grenzen unschwer durchführbar sein. Dies wäre der Normaltarif, zu welchem dann noch die im Durchschnitte zu ermittelnde Gebühr für Ein-, Ausladung, Magazinirung (Expeditionsgebühr) und Versicherung, welche von der Beförderungsentfernung unabhängig und daher für jede Transportlänge gleich zu halten ist, hinzugeschlagen werden müsste.

Naturgemäss liegen in dieser Beziehung die Verhältnisse für die Eisenbahn günstiger, auf deren Geleise nicht wie auf der Wasserstrasse jeden Augenblick durch einen kleinen Transportunternehmer ein freier Wettbewerb auftreten kann, welcher durch seinen geringen Aufwand an Beförderungskosten sofort wieder niederere Frachtpreise zu erstellen in der Lage ist. So müssen die grösseren Dampfschiffahrtsgesellschaften mit der freien Ruderschiffahrt in Wettbewerb treten, auf das Angebot von Laderaum, auf die Wasserstands- und Witterungsverhältnisse u. s. w. Rücksicht nehmen. Werden aber in den Zusammenschluss zur Erhaltung der Frachtsätze in einer gewissen Höhe auch die kleinen Rheder aufgenommen, so bildet sich bald wieder eine neue Unternehmung, welche in Wettbewerb tritt, wie dieses die auf der Elbe schon wiederholt geschlossenen Kartelle zur Genüge zeigen.

Die Grundlage zur Ermittlung der eigentlichen Transportgebühr, des Normaltarifes, müssten die Eigenkosten der Beförderungsleistungen, die Selbstkosten, bilden, wobei man Verschiedenheiten der zu befördernden Waarengattungen nur soweit zu berücksichtigen hätte, als sie zweifellos höhere Beförderungskosten verursachen. Diese Durchschnittsfrachtsätze wird man in der Weise feststellen, dass man den gesammten Aufwand des Vorjahres an Transportkosten auf die im Durchschnitte erhobene Zahl der Transportleistungseinheiten auftheilt und hierzu, weil ja der zu erwartende voraussichtliche Verkehr durch soziale, politische und Elementarereignisse, sowie durch Missernten und Handelskrisen ungünstig beeinflusst werden kann, eine bestimmte Sicherheitsgebühr nebst einem entsprechenden Ertragsgewinn dazuschlägt.

Was die Ermittlung der Selbstkosten zum Zwecke der Aufstellung der Frachtgebühren betrifft, so ist diese bei grösseren Gesellschaften durch ziemlich zusammengesetzte Umstände bedingt:

Im Allgemeinen setzen sich die Selbstkosten einer Verkehrsleistung zusammen: aus dem Antheil der Kosten für die Verwaltung und

Digitized by Google

den Betrieb, sowie aus den Kosten für Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals.

Die Kosten für Verzinsung und Tilgung erwachsen bei der Schiffahrt oder der Eisenbahn unter allen Umständen, mag sie viel oder wenig zu leisten haben. Der Verkehrsumfang hat auf diesen Theil der Kosten nur dann Einfluss, wenn er, wie bei der Eisenbahn, eine Erhöhung des Anlagekapitals durch Neuinvestitionen, wie Erweiterung der Bahnhöfe, oder eine zweite Geleiseanlage u. s. w. bedingt. Zur Deckung dieser Kosten muss jede Transporteinheit gleichmässig beitragen. Demgemäss wird dieser Antheil für eine Leistungseinheit umso geringer, je grösser die gesammte Transportleistung ausfällt.

Die Verwaltungs- und Betriebskosten müssen in zwei Gruppen geschieden werden. Die erste Gruppe ist gleichfalls von der jeweiligen Verkehrsleistung unabhängig, weil ein bestimmter Verwaltungsaufwand nothwendig ist, um das Unternehmen zu unterhalten und zu leiten. Sie umfasst die allgemeinen Verwaltungsauslagen, die Leitung und Beaufsichtigung des Unternehmens, Steuern und Gebühren u. s. w.

Die zweite Gruppe, Kosten für Erhaltung der Fahrbahn, sowie Abnutzung der Anlagen und der Fahrmittel, ist von der jeweiligen Verkehrsleistung nur bis zu einem gewissen Grade unabhängig, weil sie in Folge der natürlichen Abnutzung auch dann eintritt, wenn die Betriebsmittel stille liegen.

Unmittelbar abhängig von der jeweiligen Leistung sind nur die Kosten für Brenn- und Schmiermaterial, sowie für das Betriebsinventar und die Herstellungskosten, welche in Folge des Betriebes erwachsen; ferner die Kosten für das Betriebspersonal, insoweit dasselbe nach Transportleistungen, mit Fahr- oder Kilometergeldern, Gebühren für geleistete Tonnenkilometer*), Betriebszulagen u. s. w. gezahlt wird, und für den jeweilig aufzunehmenden in Tag- oder Monatslohn stehenden Bemannungsstand. Dagegen sind die Gehalte und Bezüge des festangestellten Personales von der jeweiligen Menge der Verkehrsleistungseinheiten nahezu unabhängig.

Man unterscheidet demnach in den Selbstkosten ganz richtig einen unveränderlichen und einen veränderlichen Theilbetrag. Ersterer umfasst die Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals und einen Theil der Verwaltungs- und Betriebskosten, letzterer die oben genannten unmittelbar durch die jeweilige Grösse der Transportleistung bedingten Kosten.

Bei grossen Schiffahrtsgesellschaften berechnet man den unveränderlichen Theil auf nahezu 50 pCt., bei den Eisenbahngesellschaften auf 75 pCt. der Gesammtkosten. Bei ersteren muss sich daher die Hälfte, bei letzteren zwei Drittel der Selbstkosten jeder einzelnen Verkehrsleistung — also eines Tonnenkilometers — mit der Zunahme der tonnenkilometrischen Leistung verringern, daher die Selbstkosten für jede Transporteinheit umso niedriger werden, je grösser der Verkehr anwächst, bis zu jenem Punkte, wo die Verkehrssteigerung neue Betriebseinrichtungen, wie die oben bei der Eisenbahn erwähnten, bedingt.

Hieraus ergiebt sich aber auch, dass die Bestimmung der für jeden einzelnen Verkehrsakt voraussichtlichen Selbstkosten sehr schwierig und

*) Ein Theil der Besoldung des Schiffspersonals der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft erfolgt beispielsweise nach den geleisteten Tonnenkilometern.

Digitized by Google

nur bis zu einer gewissen Grenze möglich ist, ganz abgesehen davon, dass das Anlagekapital, die Unterhaltungs- und Betriebskosten für einzelne Verkehrsstrecken, bei der Eisenbahn durch die grösseren oder geringeren Bahnsteigungen, Tunnels, Thalübergänge u. s. w., bei der Schiffahrt durch das Gefälle, Niederwasser, Stromerschwernisse u. s. w. sehr verschieden sind, daher auf gewissen Strecken und Streckenlängen verschiedene Selbstkosten verursacht werden. Man muss sich daher im grossen Ganzen bei Berechnung der Selbstkosten mit Durchschnittermittlungen auf Grund der Erfahrungen und Rechnungsergebnisse der letzten Jahre und deren Betriebsergebnisse begnügen.

Schiffsfrachtsätze des Donau-, Rhein-, Elbe- und Odergebietes. Um die bestehenden Frachtverhältnisse der vier Hauptströme, der Donau, des Rheines, der Elbe und der Oder untereinander und mit den, ihre Gebiete durchziehenden Eisenbahnen vergleichen zu können, sind in den nachfolgenden Ausführungen die hauptsächlich in Frage kommenden Schiffs- und Eisenbahnfrachtsätze nach ihrem derzeitigen Stande berechnet.

Bezüglich der im Donauverkehr in Anwendung stehenden Frachtsätze gelten in Kürze folgende Erwägungen:

Die Frachtsätze der Donauschiffahrt sind im Stückgutverkehre bei weitem höher als für in Schleppen beförderte grössere Verkehrsmengen, weil dieser Dienst durch die, grössere Betriebskosten ergebenden fahrplanmässig fahrenden Frachtendampfer abgewickelt werden muss. Die Frachtsätze im Stückgutverkehr sind mit Rücksicht auf die Bahntarife auf Grundlage der allgemein üblichen Waareneintheilung aufgebaut und zum Theile in Folge der oft mit den Bahnen geschlossenen Uebereinkommen ziemlich hoch erstellt. So betragen die Thalfrachten für 100 kg:

	für Güter der Klasse	I,	A,	B.	Ausnahmetarif
1. von Wien—Budapest . . .	291 km	240 h	120 h	92 h	76 h
		daher f. 1 tkm von 2.61 h bis 8.25			
2. von Wien—Rustzuk	1468 km	800 Cts.	550 Cts.	375 Cts.	280 Cts.
		daher f. 1 tkm von 1.91 Cts. bis 5.45			
3. von Wien—Galaz (See). . .	1811 km	800 Cts.	550 Cts.	375 Cts.	280 Cts.
		daher f. 1 tkm von 1.54 Cts. bis 4.42			
4. von Regensburg—Wien . . .	454 km	195 Pf.	145 Pf.	125 Pf.	90 Pf.
		daher f. 1 tkm von 1.98 Pf. bis 4.29			
5. von Regensburg—Budapest .	745 km	305 Pf.	230 Pf.	195 Pf.	160 Pf.
		daher f. 1 tkm von 2.15 Pf. bis 4.09			
6. von Regensburg—Galaz (See)	2265 km	745 Pf.	537 Pf.	393 Pf.	270 Pf.
		daher f. 1 tkm von 1.19 Pf. bis 3.29			

In diesen Frachtsätzen sind aber alle Kosten für Ein- und Ausladung, Versicherung, sowie die im Theile VI angeführte ungarische Transportsteuer inbegriffen und werden bei Auflieferung grösserer Frachtmengen, namentlich im Wettbewerb mit den Eisenbahn- und Seelinien über Hamburg, Fiume und Triest, entsprechende Rücklässe bis zu 50 pCt. gewährt.

Zu sehr billigen Frachtsätzen wird jedoch der Donauthalverkehr auf langen Strecken ab Regensburg, Passau, Linz, Wien, Budapest nach der unteren Donau ausgeführt, so dass einzelne Thalsätze für 10000 kg bis auf

Digitized by Google

0,50 Heller für das Tonnenkilometer sinken. Aber auch Einzelgüter werden streckenweise billig verfrachtet. So wurden beispielweise 1900:

Kreide, Erden, Farbwaaren und
Spath von Regensburg nach Wien . . 454 km mit 55 Pf., daher m. 1.21 Pf. f. 1 tkm
Eisen von Regensburg nach Giurgevo . 1926 km mit 160 Pf., daher m. 0,83 Pf. f. 1 tkm
Eisen von Wien nach Galaz (See) . . 1811 km mit 150 Cts., daher m. 0 83 Cts. f. 1 tkm
Zucker von Pressburg nach Belgrad . . 738 km mit 80 Cts., daher m. 1.08 Cts. f. 1 tkm
einschliesslich Ein- und Ausladung, Versicherung und ungarischer Transportsteuer geführt.

In der unteren Donau ergeben sich in Folge des allgemeinen Wettbewerbes durch die dortige Schiffahrt für Stückgüter zu Berg von Galaz aufwärts folgende niedere tonnenkilometrische Sätze:

nach	Giurgevo, Rustzuk . . .	339 km	1,47 Cts.
„	Sistov	401 „	1,37 „
„	Widdin, Calafat	639 „	1,33 „
„	Turn Severin	772 „	1,26 „

Die Donaufrachtsätze im gewöhnlichen Schleppzugverkehre für Massengüter, wie Getreide, Holz, Steine, Ziegel, Kohle, sind in den Tabellen S. 469, 470 und 471 dargestellt. Dieselben zeigen die durch die verschiedenartigen Stromstrecken bedingten Unterschiede in den Frachtsätzen. Dabei ist zu bemerken, dass auch in diesen Sätzen die Versicherung und die ungarische Transportsteuer eingeschlossen ist, welche nebst den in den Frachtsätzen enthaltenen Kosten für Ein- und Ausladung rund 20 pCt. vom Frachtsatze betragen.

Eine Ermässigung der Bergfrachtsätze des Donauverkehres unter 0,80 Heller für 1 tkm kann in der Regel nicht eintreten, weil die Schiffahrt bei dieser Höhe auf Entfernungen bis 500 km nicht mehr lohnend ist. Erst bei Strecken von über 500 km können noch billigere Sätze bis 0,70 und über 1000 km bis 0,60 Heller für 1 tkm, bei günstigeren Wasserständen gewährt werden.

Ein Vergleich der Schiffs- und Bahnfrachten längs des Donaugebietes ergiebt die unzweifelhafte Ueberlegenheit der Wasserstrasse im Thalverkehre, da keine Bahn mit 0,80 Heller das Tonnenkilometer fahren kann, während die Schiffahrt namentlich auf grösseren Entfernungen und bei Schleppladungen diesen Satz noch weit unterbietet. Im Bergverkehr ist die Schiffahrt auf kurzen Strecken mit Rücksicht auf die langen Ein- und Ausladezeiten der Schleppe nicht überall im Stande mit der Bahn in Wettbewerb zu treten, insbesondere nicht auf der betriebsschwierigeren Strecke von Gönyo aufwärts bis Regensburg. Auf Entfernungen von über 500 km ist sie jedoch auf allen Strecken der Bahn überlegen. So bietet die Donaustrasse in der Ausfuhr aus Rumänien, Bulgarien, Serbien, Bosnien und Ungarn nach Bayern jedem Bahnwettbewerbe stand, selbst im Herbste, während welchem Zeitraume die Schiffahrt durch Niederwasser auf der oberen Donau in ihrer Leistungsfähigkeit oft auf die Hälfte herabgesetzt wird.

Die Zusammenstellung Seite 472 zeigt die wichtigsten Frachtsatzgruppen im Thal- und Bergverkehre der Donau, des Rheines, der Elbe und der Oder.

Digitized by Google

Thalfrachtsätze in Heller

für Schleppladungen auf der Donau für 100 kg

1900.

Jahreszeit	Getreide			Steine				Brennholz	Cement			Kohle	
	von												
	Budapest	Belgrad	Schabatz	oberhalb Budapest (Szob)		Regensburg		oberes Savegebiet (Kobasz)	Passau	Budapest		Wien	
	nach												
	Galaz	Galaz	Galaz	Neusatz	Szeged	Wien	Budapest	Semlin Belgrad	Wien	Szeged	Giurgevo	Budapest	Baja
Kilometer	1520	1014	1118	480	697	454	745	405	301	637	1181	291	471
Frühjahr	60	50	55	20	24	40	60	26	25	30	60	28	35
(Februar bis Ende Mai)													
Für 1 Tonnenkilometer . . .	0,39	0,49	0,49	0,42	0,34	0,88	0,80	0,64	0,83	0,47	0,50	0,96	0,74
Sommer	60	50	55	20	24	40	60	26	25	30	60	28	35
(Juni bis Ende August)													
Für 1 Tonnenkilometer . . .	0,39	0,49	0,49	0,42	0,34	0,88	0,80	0,64	0,83	0,47	0,50	0,96	0,74
Herbst	80	60	65	24	28	45	70	28	30	34	70	30	40
(September bis Schluss)													
Für 1 Tonnenkilometer . . .	0,53	0,59	0,58	0,50	0,40	0,99	0,94	0,69	0,99	0,53	0,59	1,03	0,85

Digitized by Google

Bergfrachtsätze in Heller

für Schleppladungen auf der Donau für 100 kg

1900.

Jahreszeit	Holz (Bau-, Werk-, Fass- u. Rundholz)									Kohle
	von									
	der Save, Spaeva, Studva, (Siekovac, Brood, Zupanje)			der Drau, (Beliste, Bares)			der Theiss, (Szeged)		Galaz	Mohács
	nach									
	Budapest	Wien	Regensburg	Budapest	Wien	Regensburg	Wien	Regensburg	Regensburg	Budapest
Kilometer	884	1175	1629	441	732	1186	928	1382	2265	211
Frühjahr	60	110	218	50	100	188	50	166	200	20
(Februar bis Ende Mai)										
Für 1 Tonnenkilometer . . .	0,68	0,93	1,33	1,13	1,36	1,58	0,53	1,20	0,90	0,95
Sommer	60	110	218	46	100	182	50	166	200	20
(Juni bis Ende August)										
Für 1 Tonnenkilometer . . .	0,68	0,93	1,33	1,04	1,36	1,53	0,53	1,20	0,90	0,95
Herbst	70	120	236	56	110	194	60	200	220	20
(September bis Schluss)										
Für 1 Tonnenkilometer . . .	0,79	1,02	1,44	1,27	1,50	1,63	0,65	1,44	0,96	0,95

Digitized by Google

Bergfrachtsätze in Heller

für Getreide in Schleppladungen auf der Donau für 100 kg

1900.

Jahreszeit	von														
	Braila			Widdin			Semendria			Szegedin			Neusatz		
	nach														
	Budapest	Wien	Regensburg	Budapest	Wien	Regensburg	Budapest	Wien	Regensburg	Budapest	Wien	Regensburg	Budapest	Wien	Regensburg
Kilometer	1500	1791	2245	885	1176	1630	565	856	1310	637	928	1382	420	711	1165
Frühjahr	139	195	305	121	176	277	45	100	240	43	96	246	32	86	232
(Februar bis Ende Mai)															
Für 1 tkm	0,92	1,09	1,36	1,36	1,50	1,70	0,8	1,16	1,82	0,68	1,02	1,78	0,76	1,2	1,99
Sommer	139	195	293	121	176	265	45	98	228	43	96	228	32	84	220
(Juni bis Ende August)															
Für 1 tkm	0,92	1,09	1,30	1,36	1,50	1,62	0,8	1,14	1,74	0,68	1,02	1,64	0,76	1,18	1,89
Herbst	159	219	305	139	200	277	61	124	246	63	126	246	48	110	232
(September bis Schluss)															
Für 1 tkm	1,06	1,22	1,36	1,57	1,7	1,7	1,08	1,44	1,88	1,00	1,36	1,78	1,14	1,55	1,99

Digitized by Google

1899	Donau					Rhein				
	Strecke	Entfernung in km	Waarengattung	Frachtsätze Heller f. 100 kg	Heller für einen tkm	Strecke	Entfernung in km	Waarengattung	Frachtsätze Mark für 1 Last zu 2000 kg	Heller für einen tkm
										Berg-
Frühjahr . .	Szeged			43	von 0,67	Rotterdam			6–9	von 0,52
Sommer . .	bis	637	Ge-treide	46	bis	bis	569	Ge-treide	5,30—5,50	bis
Herbst . .	Budapest			64	1,00	Mannheim			7—16	1,68
									f. 1 Karre mit 1700 kg Mark	
Frühjahr . .	Mohács			20		Ruhrhäfen			1,77—2,97	von 0,30
Sommer . .	bis	211	Kohle	20	0,95	bis	354	Kohle	1,52—1,78	bis
Herbst . .	Budapest			20		Mannheim			3,03—5,50	1,08
Im Jahres-durchschnitt	Wien-Galaz	1811	Stück-gut	275 550	1,52 bis 3,04	Düsseldorf bis Mannheim	315	Stück-gut		von 2,50 bis 3,80
				für 100 kg Heller					f. 1 Karre mit 1700 kg Mark	Thal-
Frühjahr . .	Wien			30	von 0,64	Ruhrhäfen			0,85—1,15	von 0,27
Sommer . .	bis	471	Kohle	35	bis	bis	215	Kohle	0,80—1,20	bis
Herbst . .	Baja			40	0,84	Rotterdam			1,15—2,20	0,72

Digitized by Google

Elbe					Oder					Anmerkung
Strecke	Entfernung in km	Waarengattung	Frachtsätze Pfennige für 100 kg	Heller für einen tkm	Strecke	Entfernung in km	Waarengattung	Frachtsätze Pfennige für 100 kg	Heller für einen tkm	
fahrten										Die Donausätze sind die 1899 gezahlten reinen Frachtsätze abzüglich Versicherung und ungar. Transportsteuer. Die Rheinsätze sind den Jahresberichten der Handelskammern in Mannheim und Ruhrort, die Elbesätze sind der Zeitschrift „Schiff" und die Odersätze sind dem Frachtberichte des Schiffahrtsvereines in Breslau entnommen.
Hamburg bis Magdeburg	310	Getreide	22—25 25—35 36—50	von 0,85 bis 1,92			—			
		—					—			
Hamburg bis Dresden	566	Stückgut		von 1,68 bis 2,20	Stettin bis Breslau	491	Stückgut		von 1,80 bis 3.00	
fahrten										
Aussig bis Magdeburg	347	Kohle	für 1 Doppel-Hektoliter Mark 22—31 27—37 28—43	von 0,58 bis 1,08	Kosel-Oder-hafen-Stettin	656	Kohle	für 100 kg Pfennige 46—47 48—51 50—52	von 0,84 bis 0,96	

Digitized by Google

Durchschnittsfrachtsätze. Die Frachtsätze der vier Ströme Donau, Rhein, Elbe und Oder sind im Allgemeinen grossen Schwankungen unterworfen. Die geringsten Schwankungen treten noch im Donauverkehr und auf der Oder ein. Am grössten sind sie am Rheine für Steinkohle und Eisenerze und auf der Elbe für Zucker, für welchen die Grenzwerthe sich 1 : 5 stellen.

Als Durchschnittsfrachten für die vier Ströme lassen sich folgende Sätze in Heller für 1 tkm aufstellen:

	Donau	Rhein	Elbe	Oder
Kohle	0,90	0,72	0,80	0,90
Getreide	1,30	1,30	1,10	1,20

Alle diese Sätze würden jedoch noch niedriger sein, wenn die Betriebsausnützung des vorhandenen Laderaumes günstiger wäre, was nicht nur durch eine weitere Verbesserung der Fahrstrasse, sondern auch dadurch zu erzielen wäre, wenn von Seite der Kaufmannschaft an die Schiffahrt nicht solche ungerechtfertigte Ansprüche in Bezug auf Wartezeit zum Löschen und Laden gestellt würden, wodurch ein Donau- und Oderschlepp fast die Hälfte und ein Rhein- und Elbeschlepp fast ein Drittheil der vorhandenen jährlichen Betriebstage durch Stilliegen verliert.

Niederste Frachtsätze. Die niedersten Frachtsätze ergeben sich für den Rhein in der Zeit günstiger Wasserstände, in der Bergfahrt für Eisenerze von Rotterdam bis Ruhrhäfen mit 0,25 Heller für 1 Tonnenkilometer, während der durchschnittliche Frachtsatz für Eisenerze 1,00 bis 1,20 und zu Thal 0,48 bis 0,96 Heller beträgt. Der niederste Elbesatz rechnet sich ausser dem Braunkohlenthalverkehr von Aussig nach Magdeburg mit 0,58 Heller, für Zucker im Thalverkehr von Magdeburg nach Hamburg mit 0,60, während der Durchschnittsfrachtsatz für Zucker 0,96 Heller beträgt. Der niederste Odersatz zu Thal wird für Kohle von Breslau nach Stettin mit 0,58 Heller für 1 Tonnenkilometer bezahlt. Der geringste Donausatz ergiebt sich für Steinthalbeförderungen mit 0,34 Heller für 1 Tonnenkilometer.

Durchlaufender Fluss- und Kanalfrachtsatz. Um die Höhe der Frachtsätze beurtheilen zu können, welche sich bei durchlaufendem Verkehr vom Flusse durch einen Kanal und umgekehrt ergeben, sind in nebenstehender Zusammenstellung derartige zusammengesetzte Fluss- und Kanalsätze auf eine mittlere und auf eine längere Entfernung für Massengüter ermittelt.

Der billigste Flusskanalsatz beträgt bei Ladungen in offenen Schleppen von Breslau nach Hamburg 0,64 Heller, der höchste für Verdeckschleppe nach Berlin 1,60 Heller für 1 tkm. Für Kohlenladungen Kosel—Oderhafen—Berlin stellt sich der billigste Satz auf 0,60 Heller und der höchste Satz auf 1,00 Heller für 1 tkm.

Niederste und höchste Schleppladungstarife. Wenn die niedersten Kohlen-, Erz- und Steinladungssätze mit 0,25 bis 0,34 als Ausnahmetarife ausgeschieden werden, so ergeben sich auf Wasserstrassen für ganze Schleppladungen

als billigste Sätze 0,48 bis 0,66 (0,57)
„ mittlere „ 0,90 „ 1,50 (1,20) und
„ höchste „ 1,68 „ 2,00 (1,84) Heller für 1 tkm.

Digitized by Google

Frachtsätze im Jahre 1898 von der Oder zur Elbe und Spree, nach dem Frachtberichte des Schiffahrts-Vereins zu Breslau.

Jahreszeit	Für Massengüter, in Pfennigen für 100 kg											
	von Breslau nach						von Oppeln oder Kosel—Oderhafen nach					
	Berlin 443 km			Hamburg 827 km			Berlin 604 km			Hamburg 988 km		
	Schlepp-		Theil-	Schlepp-		Theil-	Schlepp-		Theil-	Schlepp-		Theil-
	Ladungen			Ladungen			Ladungen			Ladungen		
	gedeckt	offen	von 1000 Ctr. und darüber	gedeckt	offen	von 1000 Ctr. und darüber	gedeckt	offen	von 1000 Ctr. und darüber	gedeckt	offen	von 1000 Ctr. und darüber
Frühjahr	42—60	36—55	45—65	50—75	45—70	55—85	68—90	62—85	70—90	75—100	65—100	75—100
Sommer	45—55	45—55	50—60	54—70	52—70	60—80	70—85	70—80	75—90	80—100	80—100	85—100
Herbst	40—54	40—50	48—58	60—70	60—70	65—80	70—80	—	75—85	85—90	85—90	85—110
Für 1 tkm in Heller	1,08—1,60	0,96—1,46	1,20—1,75	0,70—1,07	0,64—1,02	0,80—1,20	1,30—1,80	1,20—1,68	1,38—1,80	0,90—1,20	0,79—1,20	0,90—1,30

Digitized by Google

Bahnfrachtsätze im Donau-, Rhein-, Elbe- und Odergebiete. Diesen Wasserstreckensätzen stehen die folgenden Eisenbahnsätze gegenüber:

Einheitssätze im Donaugebiete für 1 Tonnenkilometer in Heller.

	Kilometer	Normal-Klasse I.	Wagenladungs-Klasse B.	Ausnahme- (Spezial-) Tarife			Billigster Ausnahme-Tarif
				1. Getreide	2. Holz	3. Steine	
Oesterreichische Staatsbahnen	100	12,30	5,90	5,80	4,60	4,20	2,70
	500	11,80	4,10	4,10	2,68	2,22	1,92
	1000	11,70	3,66	3,79	2,44	2,00	1,80
Ungarische Staatsbahnen	100	15,70	4,80	6,10	3,80	3,10	2,70
	500	12,30	3,58	3,94	2,82	2,22	1,94
	1000	11,35	2,79	2,97	2,31	1,81	1,56
Nordbahn	100	12,60	6,20	6,00	4,70	4,20	2,50
	425	12,00	4,37	4,32	2,77	2,35	1,90
Priv. Oesterr.-ung. Staats-Eisenbahn-Gesellschaft	100	13,20	7,30	7,80	6,80	4,50	4,20
	500	12,56	4,52	4,60	3,96	2,38	3,40
	600	12,53	4,30	4,36	3,83	2,25	3,36
Südbahn	100	13,40	6,30	7,40	6,50	5,20	4,40
	500	12,28	4,14	5,32	4,40	2,72	2,72
	889	12,03	3,86	5,05	3,49	2,38	2,38

Es ergeben sich daher nach den billigsten Bahnfrachtsätzen im Wettbewerbe mit dem Donauverkehre folgende Bahnfrachten und tonnenkilometrische Einheitssätze:

Mehl, Budapest-Fiume im Wettbewerb
Budapest-Korneuburg Laube . 601 km = 106 Hell. per tkm 1,8 Hell.
Holz, Šamac-Fiume im Wettbewerb
nach Sissek . . . . . 487 „ = 132 „ „ „ 2,7 „
Županye-Fiume dto. . . . . 533 „ = 150 „ „ „ 2,8 „
Vukovár-Wien . . . . . 587 „ = 136 „ „ „ 2,3 „
Vinkovce-Wien . . . . . 599 „ = 138 „ „ „ 2,3 „
Orsova-Fiume . . . . . 982 „ = 180 „ „ „ 1,8 „
Temesvár-Fiume . . . . 793 „ = 180 „ „ „ 2,3 „
Getreide, Zimony-Budapest . . . . 343 „ = 91 „ „ „ 2,6 „
„ Wien . . . . . 617 „ = 175 „ „ „ 2,6 „
Essegg-Budapest . . . . 297 „ = 81 „ „ „ 2,6 „
„ Wien . . . . . 556 „ = 165 „ „ „ 2,9 „

Digitized by Google

Kohle, Banhida- „ . . . . . 189 km = 4,5 Hell. per tkm 2,4 Hell.
Karwin-Budapest . . . . 418 „ = 11,4 „ „ „ 2,7 „

Im Rheingebiete bestehen folgende Einheitssätze für 1 tkm:

Preussische Staatsbahnen: Im Innenverkehr

Spezialtarif für Stückgüter	8,0 Pf.
allgem. Wagenladungsklasse B. . . .	6,0 „
Spezialtarif I	4,5 „
„ II	3,5 „
„ III	2,2—2,6 „

Im rheinisch-westfälisch-niederländischen Durchgangsverkehr, Rotterdam—Ruhrgebiet

billigster Ausnahmetarif I . . .	3,7—3,9 Pf.
„ „ II . . .	3,3—3,4 „
„ „ III . . .	2,2—2,3 „

Im Verkehre zwischen Rheinland-Westfalen und Nordseehäfen

billigster Satz für Eisen	1,7 Pf.
Ausnahmesatz für Ausfuhr von Eisen zum Schiffbau nach Ostasien	1,3 „

In jenen Verkehren, in welchen die Rheinschiffahrt auf die Bahn umschlagen muss, ergeben die Bahnanschlusstarife sehr hohe tonnenkilometrische Sätze, während auf den betreffenden Linien bei fortlaufender Bahnbenutzung die niedersten Ausnahmetarife in Anwendung kommen. So rechnet die Bahn für Eisenerz von Rotterdam nach Bochum für 10 000 kg Ausnahmesätze von 35 bis 50 M., wogegen die zusammengesetzte Schiffs- und Bahnfracht sich berechnet: Rheinfrachten sammt Umschlagskosten und Versicherung 13,60 bis 23,60 M., Anschlussbahnfracht für 35 km Länge 16,50 M., zusammen 30,10 bis 40,10 M.

Eisen nach Ausnahmetarif von Essen nach Rotterdam

beträgt mit Bahn	60,00—80,00 M.
mit Rheinschiff sammt Umschlag . .	32,00—40,00 „
hierzu für 20 km Bahnlänge	16,50 „
giebt eine Schiffs- und Bahnfracht von	48,50—56,50 „

Während man so zwischen den preussischen Staatsbahnen und der Rheinschiffahrt einem scharfen Wettbewerb begegnet, sind die Bahnsätze im Elbegebiete wesentlich höher als die Elbeschiffahrtsfrachten gehalten.

So beträgt im Getreideverkehr Hamburg-Magdeburg die Bahnverfrachtung auf 251 km für 10 000 kg im Ausnahmetarif . . 75,— M.,
die Schiffsfracht in ganzen Schleppladungen im Durchschnitte 1899 für 10 000 kg . . . . . 25,— „

im Zuckerverkehr Magdeburg-Hamburg die Bahnverfrachtung auf 251 km für 10 000 kg Rohzucker zur Ausfuhr im Ausnahmetarif . . . . . 70,— M.,
die Schiffsfracht in ganzen Schleppladungen im Durchschnitte für 10 000 kg . . . . . 27,— „

Digitized by Google

Im Braunkohlenverkehr Brüx-Dresden beträgt die Bahnverfrachtung für

10 000 kg nach Kohlentarif	50,50	M.
die zusammengesetzte Bahn- und Schiffsfracht für 10 000 kg		
Bahnsatz auf 44 km bis Aussig	18,—	„
Umladung daselbst	3,—	„
Schiffsfracht	19,—	„
zusammen	40,00	M.

Brüx-Magdeburg: Bahnverfrachtung	90,00	M.
Schiffs- und Bahnfracht, Bahnsatz bis Aussig	18,—	„
Umschlag daselbst	3,—	„
Schiffsfracht	24,50	„
zusammen	45,50	M.

Brüx-Berlin: Bahnverfrachtung	88.00	„
Vorfracht bis Aussig	18,—	„
Umschlag daselbst	3,—	„
Schiffsfracht	31,—	„
zusammen	52,00	M.

Die Oderschiffahrt wird dagegen von den Bahnen wieder schärfer bekämpft. So beträgt die Bahnfracht für 10 000 kg im Steinkohlenverkehr von der Station Morgenroth über Kosel-Oderhafen nach Berlin auf 492 km

Entfernung	104,70	M.
dagegen die Vorfracht bis Kosel auf 58 km	25,30	„
Umladung daselbst	1,50	„
Schiffsfracht	62,—	„
zusammen	88,80	M.

Ueber Breslau (Pöpelwitz) nach Berlin: Bahnfracht wie oben	104,70	M.
Vorfracht bis Pöpelwitz auf 174 km Entfernung	48,40	„
Umladung daselbst	1,50	„
Schiffsfracht bis Berlin-Oberspree	40,—	„
zusammen	89,90	M.

Ueber Kosel-Oderhafen nach Stettin: Bahnfracht auf 513 km Entfernung	107,30	„
Vorfracht bis Kosel	25,30	„
Umladung daselbst	1,50	„
Schiffsfracht	46,—	„
zusammen	72,80	M.

Im Erzverkehr von Stettin nach Morgenroth: Bahnfracht für 10 000 kg, Ausnahmetarif in Mengen von mindestens 45 000 kg	76,80	M.
Schiffsfracht Stettin-Kosel-Oderhafen	46,—	„
Umladung in Kosel	5,—	„
Bahnfracht Kosel-Morgenroth	25,30	„
für 10 000 kg zusammen	76,30	M.

Digitized by Google

Niederste und höchste Wagenladungstarife. Wenn der Ausnahmesatz für Schiffbaueisen nach Ostasien ausgeschieden wird, so ergeben sich auf den Schienenstrassen folgende Wagenladungstarife:

billigste Sätze	1,56	bis	1,80	(1,68)
mittlere „	2,00	„	2,80	(2,40)
höchste „	3,00	„	3,60	(3,30) Heller für 1 tkm.

Vergleich der Schiffs- und Bahnfrachtsätze. Ein Vergleich dieser Bahnsätze mit den Frachtraten der Wasserstrassen ergiebt die unzweifelhafte Folgerung, dass trotz aller tarifarischen Massnahmen der Bahnen die Wasserwege, besonders auf längeren Entfernungen, zu wesentlich geringeren Einheitssätzen als jene befördern und dass die Wasserstrassen auch in dem Falle, als sie die für sie geleisteten Ausgaben für Regulirungsarbeiten und Bauanlagen verzinsen müssen, im Frachtwettbewerbe den Bahnen immer überlegen bleiben. Besonders trifft dieses bei allen jenen Wasserverkehrswegen zu, welche unmittelbar, ohne die Güter umschlagen oder umladen zu müssen, an den Bestimmungsort münden, d. h. überall dort, wo die Wasserfrachten von den hohen Eisenbahnvorfrachten unabhängig sind.

Digitized by Google

16. Abschnitt.

Volkswirthschaftlicher Werth der Wasserstrassen.

Nutzen der Wasserstrassen für die Landwirthschaft, Handel und Industrie. Schon Pascal sagt: „Les fleuves sont les grandes routes qui marchent elles-mêmes". Dieser Satz kennzeichnet, dass die Wasserstrasse das billigste Transportmittel bildet.

Die Wasserstrassen dürfen jedoch nicht allein von dem Standpunkte beurtheilt werden, dass sie dem Lande, indem sie den Handel und die Industrie durch billige Beförderungspreise unterstützen, einen Nutzen bringen, sondern man soll in erster Linie deren hohen Werth für die Landwirthschaft ins Auge fassen.

Als man seinerzeit auf die Eisenbahnen überging und dabei die natürlichen und künstlichen Wasserstrassen in den Hintergrund drängte, hat man sich nur von dem Gedanken leiten lassen, den Verkehr, Transport, Handel und Industrie zu heben und zu beleben und hat dabei das wichtigste Kulturmittel der Völker, die Landwirthschaft, vollständig vergessen, welche nur wechselseitig mit einer guten Wasserwirthschaft blühen kann.

Von welchem Einflusse eine gute Wasserwirthschaft und im Zusammenhange mit dieser die Wasserstrassen auf die Kultur sind, beweisen aber nicht nur die modernen Staaten, wie beispielsweise Frankreich, sondern auch die alten grossen, einst blühenden Länder, welche dadurch, dass ihre Wasserkultur zerstört wurde, zu Grunde gingen.

Während Assyrien heute eine Wüste ist, und das verarmte Aegypten kümmerlich kaum eine Million Fellahs ernährt, war Altägypten, von zahlreichen Kanälen und Bewässerungsanlagen durchzogen, ein blühendes Land, trotzdem durch 7 Monate eine furchtbare Hitze und Dürre und durch zwei Monate Ueberschwemmung herrschten. Die Aegypter wussten eben das trostlose untere Nilthal durch eine geregelte Wasserwirthschaft zu dem ertragreichsten Ackerland umzuwandeln. Die Kanäle leiteten zur Zeit der Dürre das Wasser bis an die fernsten Punkte, grosse Staubecken sammelten dagegen den schädlichen Theil der Hochfluthen. Bei Memphis lagerten quer im Nilstrom nicht weniger als 11 grosse Dämme und oberhalb Theben mächtige Thalsperren. Aus Oberägypten zog parallel dem Nil ein noch heute theilweise erhaltener grosser Kanal, nach beiden Seiten netzförmige Berieselungskanäle entsendend. Das von den Griechen Labyrinthos genannte, von zwei Pyramiden flankirte Bauwerk, der grosse Thalkessel Piom und endlich der gewaltige Möris-See waren mächtige, mit Schleusenbauten und Sperrwerken versehene Reservoire, durch deren Anlage sich die Altägypter zu dem grössten Kulturvolke der Erde erhoben.

Digitized by Google

In zweiter Linie sind die Wasserstrassen für den Handel und die Industrie darum von grossem wirthschaftlichen Nutzen, weil durch ihre geringen Beförderungspreise zahllose Rohstoffe, Bodenerzeugnisse, Gesteine, Erze, Baumaterialien, Holz, Kohle erst in den wirthschaftlichen Kreislauf gebracht werden. Ferner sind die Beförderungskosten, wie dieses schon im 14. Abschnitte nachgewiesen, heute für das gesammte Güterleben von derartigem Einflusse, dass die Rolle der Binnenwasserstrassen in demselben von weittragendster Bedeutung wird, weil diese im Vereine mit dem Seeverkehr den ganzen Handel und das Gewerbe eines Landes beherrschen können.

Was nutzen dagegen oft alle Zollmassregeln, durch welche einzelne Staaten die Interessen der Erzeugungsverhältnisse ihres Landes zu regeln und zu schützen suchen und welche schliesslich, wie man dieses gelegentlich der Abschlüsse von Handelsverträgen wiederholt erfahren, in ihrer Wirkung durch billige Beförderungskosten unterbunden und zweifelhaft gemacht werden. Derjenige Staat, welcher aber über zeitgemässe Wasserstrassen verfügt, kann in seiner Ausfuhr die Einfuhrzölle des Nachbarstaates ungleich leichter ertragen, während auf den Einfuhrsartikeln dieses Nachbarstaates neben dem Zoll dann noch der Unterschied der Beförderungskosten lastet. Daraus ergiebt sich dann für den Letzteren eine viel ungünstigere Lage bei Abschluss neuer Zoll- und Handelsverträge.

Welche Rolle die Beförderungskosten auf die Preisbildung der Industrie ausüben, wird sofort klar, wenn man bedenkt, dass das unentbehrlichste Hilfsmittel derselben, die Kohle, oft von so grossen Entfernungen zu den Fabriken gebracht werden muss, dass die hierfür auf den Bahnen zu zahlenden Frachtpreise nicht selten das Zwei- und Dreifache der Förderkosten der Kohle ausmachen. So stellt sich der Grubenwerth einer geförderten Tonne Kohle auf beiläufig 3 K., schon auf 200 km Entfernung erhöht sich deren Preis auf 10 K., auf 500 km auf 14 K., während sich durch leistungsfähige Wasserwege diese Wertherhöhungen auf mehr als die Hälfte verringern würden.

Immer bleibt die Wasserstrasse das billigste Verkehrsmittel. Von New-York führen 10 Schienenstränge nach dem Westen, die im heftigsten Tarifkampfe sich gegenseitig unterbieten; dennoch betragen deren durchschnittliche Frachtsätze 15—30 Kronen für 1 Tonne, während die Frachten auf den Wasserwegen in den gleichwerthigen Verkehrsakten nie über 12 K. steigen. Trotzdem die billigsten Tarife für Wagenladungsgüter der österreichisch-ungarischen Bahnen noch geringer als die billigsten der deutschen Bahnen sind, sind die durchschnittlichen Beförderungskosten in Deutschland zufolge seines ausgebildeten Wasserstrassennetzes bedeutend niedriger als jene in Oesterreich-Ungarn. Um diesen Unterschied in den Beförderungskosten ist die amerikanische und die deutsche Industrie der österreichischen gegenüber im Vortheil.

Die Industrie benöthigt eben vor Allem der billigen Transportstrassen, denn sie ist auf den Bezug der grossen Massen Rohstoffe angewiesen, deren Erzeugnisse sie wieder auf billigen Wasserwegen weiterbefördern muss, um ihre Marktzone ausdehnen zu können. Ueberall dort, wo in einem Industriegebiet eine leistungsfähige Wasserstrasse geschaffen wurde, hat sich desshalb sofort ein bedeutender Wasserverkehr entwickelt.

Sympher berechnet unter der Voraussetzung, dass die Wasserstrassen

Digitized by Google

durchschnittlich das Tonnenkilometer um 1,30 Pf. billiger als die Eisenbahnen befördern, dass die deutschen Wasserstrassen dem Lande durch ihre billigen Beförderungskosten eine wirthschaftliche Ersparnis von $\frac{1{,}30 \times 7500000000 \text{ tkm}}{100}$ = 97,5 Mill. M. im Jahre 1895 abgeworfen haben. Wenn man von dieser Frachtersparnis die Unterhaltungskosten und die Verzinsung aller bis 1895 vom Staate aufgewendeten Baukosten, welcher Betrag sich mit rund 30 Mill. oder mit 0,40 Pf. für 1 tkm berechnet, abzieht, so erübrigt noch immer ein reiner volkswirthschaftlicher Nutzen für Deutschland von rund 67,5 Mill. M.

Verkehrstechnischer Werth der Wasserstrassen. Oelwein sagt daher mit Recht, nachdem er berechnet, dass die unterste Grenze des Tarifes für 1 tkm bei einem Kanale sich auf 0,78 Heller, bei der Eisenbahn jedoch auf 2,30 Heller stellt: „In der Fähigkeit, auf einer modernen leistungsfähigen Wasserstrasse bei gleichem Gewinn wesentlich billiger zu transportiren, als auf der gleichwerthigen Eisenbahn, liegt der grosse verkehrstechnische und wirthschaftliche Werth der Wasserstrassen."

In diesem betriebstechnischen Vortheil der Wasserstrassen gegenüber den Eisenbahnen liegt deren grosser wirthschaftlicher Nutzen und als Hauptmasstab für die Beurtheilung des Nutzwerthes eines Kanales oder einer Eisenbahn muss immer und in erster Linie deren Wirthschaftlichkeit vom verkehrstechnischen Standpunkte aus erwogen werden.

Diesen Masstab kann man nur dann ablehnen, wenn es gilt, nicht wirthschaftliche Leistungen zu messen. So wird beispielsweise der hauptsächlich aus Gründen der Landesvertheidigung gebaute Nord-Ostseekanal seine Baukosten auch dann rechtfertigen, wenn er keine Verzinsung abwirft. Der Nutzen eines Suezkanales dagegen zeigt sich thatsächlich in der 20-prozentigen jährlichen Rente seines Anlagekapitals und in den hohen Preisen seiner Aktien.

Privatkanäle. Der richtige Masstab für den Ertragswerth einer Wasserstrasse oder einer Eisenbahn kommt dann zum vollen Ausdruck, wenn beide Verkehrsmittel im Privatbesitze sind. In dieser Richtung giebt uns der Kampf zwischen Wasserweg und Schienen in England ein schlagendes Beispiel.

Die in Privathänden gestandenen Kanäle Englands übten ursprünglich ein volles Monopol im Güteraustausche des Binnenverkehrs aus. Als im Jahre 1825 ein Gesuch um Zulassung einer Eisenbahn von Liverpool nach Manchester, für dieselbe Strecke, für welche ein halbes Jahrhundert früher der Herzog von Bridgewater den ersten englischen Kanal gebaut hatte, an das Parlament gelangte, ist es die Liverpooler Kaufmannschaft, welche dieses Gesuch am nachdrücklichsten mit Rücksicht auf die hohen Beförderungskosten auf diesem Wasserwege unterstützt. Nur durch die grössten Anstrengungen gelingt es, im Parlamente die Erlaubnis zum Baue zu erlangen, nachdem eine solche anfangs unter dem Drucke der Kanalgesellschaften verweigert worden.

Nach dem Baue dieser Bahn wendet sich die Verkehrslage in das Gegentheil um. Die Kanäle, welche bis dahin ihre Blüthezeit gehabt, werden

Digitized by Google

von der aufsteigenden Macht der Eisenbahnen unterdrückt und gelten bald nur mehr als ein Stück Vergangenheit. Der grösste Theil derselben gelangt in Folge der Ueberlegenheit der neuen Eisenbahnen über die alten Wasserstrassen, wohl auch in Folge der Kapitalsmacht der Eisenbahnen, in deren Gewalt und diese fangen nun ihrerseits an, ein starres Frachtmonopol auszuüben.

Und wieder ist es die Liverpooler Kaufmannschaft, welche sich über die hohen Frachtkosten der Eisenbahnen beklagt und schliesslich, um dieselben zu durchbrechen, zum Bau des Manchester Kanales mit Privatkapital schreitet, welcher 1894 dem Verkehre übergeben wird. Dieser Kanal, obwohl anfänglich unter dem Tarifdrucke der Eisenbahnen keinen Ertrag liefernd, steigt nun in seinem Verkehre und Rente von Jahr zu Jahr, und beschäftigt man sich derzeit bereits mit dem Gedanken, denselben noch weiter zu vergrössern. Die zeitgemäss gebaute Binnenwasserstrasse hat den früher überlegenen Schienenweg durch ihren wirthschaftlich höheren verkehrstechnischen Werth besiegt!

Kanäle und Eisenbahnen ohne ausreichende Verzinsung. Wenn man übrigens bloss auf Grund der sich ergebenden Beförderungskosten gegebenen Falles die Frage entscheiden wollte, ob ein Industriegebiet durch einen Kanal oder durch eine Eisenbahn erschlossen werden soll, so kann eine solche Untersuchung unter Umständen auch zu Gunsten einer Eisenbahn ausfallen. Eine solche Bahn, von der Verzinsung der Anlagekosten befreit, könnte vielleicht nahezu so billig befördern, als beispielsweise eine unverhältnismässig längere Kanallinie. Eine solche Bahn fiele aber in eine Ausnahmeregel und würde, weil sie dem allgemeinen Drängen auf Herabsetzung der Gütertarife doch nachkommen und daher oft unter ihren Selbstkosten zu fahren gezwungen wäre, bald auf jedwede Rente verzichten müssen.

Ein Staat kann sich ja veranlasst finden, zur Kräftigung seiner Industrie und Landwirthschaft auf dem Weltmarkt die Beförderung gewisser Güter auf allgemeine Kosten zu erleichtern, dafür giebt aber immer die Wasserstrasse ein besseres und andauernderes Mittel, als die Begünstigungstarife der Eisenbahnen. Auch wird die Industrie der Wasserstrasse schon deshalb den Vorzug geben, weil sie an den fortlaufenden Ufern derselben viel leichter ausgedehnte Bau- und Verfrachtungsplätze findet, als neben einer Eisenbahn. Die mittels der Wasserstrassen begünstigte Entwickelung der Industrie kommt aber naturgemäss wieder durch Schaffung neuer Verkehrsmengen den Eisenbahnen zugute.

Aus allen diesen Gründen wird die Anlage eines neuen Kanales im Allgemeinen schon dann als wirthschaftlich berechtigt gelten können, wenn aus der den Benützern erwachsenden jährlichen Frachtersparnis im Vergleich zur Eisenbahnfracht ein Theil der aus dem staatlichen Baukapital und der staatlichen Unterhaltung jährlich erwachsenden Last, der andere Theil durch eine entsprechende Kanalgebühr gedeckt werden kann. Die wirthschaftliche Berechtigung eines Kanales wird also schon dann anzuerkennen sein, wenn keine gänzliche Verzinsung der Baukosten, sondern nur ein Theil derselben nebst der mittelbaren Kostenausgleichung durch Frachtersparnisse gesichert er-

Digitized by Google

scheint. Die jährlichen Unterhaltungs- und Betriebskosten müssen aber selbstverständlich in ihrer Gänze hereingebracht werden.

Sehr oft bringen ja auch Eisenbahnen die Verzinsung des Baukapitals nicht annähernd auf, wie dieses die so häufig in Anspruch genommenen Zinsgarantien zeigen. Eine solche Linie rechtfertigt sich wirthschaftlich dann auch nur durch ihre mittelbaren Vortheile.

Staatskanäle. Die Anlage künstlicher Wasserstrassen wird also auch durch die staatliche Wirthschaftspolitik bedingt, der gegenüber die Berechnungen der Anlageverzinsungen oft in den Hintergrund treten müssen.

Von diesem wirthschaftlichen weitsehenden Standpunkte ausgehend, ist Oesterreich in jüngster Zeit an die Lösung seiner Kanalfrage geschritten, merkwürdiger Weise genau in demselben Zeitpunkte, als im kanalfortschrittlichen Deutschland unter dem Drucke der Landwirthe die geplante wichtigste Binnenwasserstrasse, der Rhein-Weser-Elbe-Kanal, in der gesetzgebenden Körperschaft zu Fall gebracht wurde.

Während Oesterreich nun mit dem internationalen Donauwege als Grundlinie zum Baue mächtiger Wasserkunststrassen schreitet, werden in Deutschland dieselben eben unter dem engherzigen Hinweise darauf, dass der Gewinn der Schiffahrt auf dem internationalen Rheine und der Elbe zum grossen Theile Ausländern zufalle, und in Folge der Niedrigkeit der Frachten ausländisches Getreide, Holz und Eisen im Gegensatze zu der Zoll- und Handelspolitik des Reiches hereingeführt werde, unterdrückt. Es ist dem wirthschaftlich so aufstrebenden Deutschland dringend zu wünschen, dass dieser Rückfall je eher zum Stillstande komme, weil es volkswirthschaftlich unrichtig ist, dem Staate und der Allgemeinheit die verkehrstechnischen Frachtvortheile der den Eisenbahnen überlegenen Kanäle entziehen zu wollen.

Abgaben auf Wasserstrassen. Durch den Umstand, dass von den meisten Staaten für die Benutzung der Wasserstrassen keine oder nur geringe Gebühren eingehoben werden, erscheinen diese den Eisenbahnen gegenüber bevorzugt.

Damit beide Verkehrsmittel in wirthschaftlicher Beziehung gleich behandelt werden, sollten daher streng genommen auf den natürlichen Wasserstrassen jene Abgaben eingehoben werden, welche zur Verzinsung und Unterhaltung der Hafeneinrichtungen und der Anlagen zum Umladen, zur Aufbewahrung und zur Ueberführung der Güter von und nach der Eisenbahn dienen.

Den Kanälen und kanalisirten Flüssen sollten ausserdem noch jene Gebühren auferlegt werden, welche die Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals, sowie die Kosten ihrer Unterhaltung decken. Auf den künstlichen Wasserstrassen die gesammten Unterhaltungs- und Verwaltungskosten einzuheben, ist schon deshalb gerechtfertigt, weil thatsächlich mit öffentlichen Mitteln ein ganz neuer Verkehrsweg geschaffen wurde, welcher doch eine annähernde Verzinsung ergeben muss.

Dabei ist zu bemerken, dass der Uferschutz stark befahrener Kanäle höhere Kosten verursacht als jener von Kanälen mit geringerem Verkehre,

Digitized by Google

dass bei grossem Verkehr die Bedienungsmannschaften der Schleusen vermehrt werden müssen u. s. w., dass also die Abgaben auf den verschiedenen künstlichen Wasserstrassen auch verschieden hoch zu bemessen wären. Bei den natürlichen Wasserstrassen hat dagegen auch ein lebhafter Verkehr fast gar keinen Einfluss auf die Unterhaltungskosten, welche übrigens nicht im ausschliesslichen Nutzen der Schiffahrt, sondern zum grossen Theile im Interesse der Landwirthschaft und zum Schutze der Anrainer gegen Hochwässer aufgewendet werden müssen. Demgemäss sollten, volkswirthschaftlich betrachtet, die natürlichen Wasserstrassen nur in geringem Masse durch Abgaben belastet werden.

Im Allgemeinen gehen aber die Forderungen mancher Kanalfreunde viel zu weit, welche verlangen, dass der Staat zeitgemässe Wasserkunststrassen mit grossen Abmessungen bauen und sich nur mit dem von deren Verkehr zu erwartenden wirthschaftlichen Nutzen begnügen soll.

Der Centralverein zur Hebung der Deutschen Fluss- und Kanalschifffahrt in Berlin hat in dieser Richtung viel entsprechendere Anschauungen zum Ausdrucke gebracht, indem er darlegte, dass bei Benutzung künstlicher Wasserstrassen die Erhebung angemessener Abgaben jederzeit berechtigt ist, dass aber die Höhe solcher Abgaben das Mass des bei künstlichen Wasserstrassen für die Binnenschiffahrt vorliegenden wirthschaftlichen Interesses nicht übersteigen soll.

Es ist auch naheliegend, dass der wirthschaftliche Werth der Wasserstrassen durch übergrosse Abgaben nicht gefährdet werde, wesshalb man jedenfalls in den ersten Betriebsjahren die Höhe derselben möglichst nur auf die Unterhaltungs- und Betriebskosten beschränken und diese erst, wenn der Kanalverkehr sich belebt und gesteigert hat, dieser Verkehrssteigerung entsprechend erhöhen müsste.

Nach diesen Ausführungen würde sich die Frage der Abgaben auf natürlichen und künstlichen Wasserstrassen wie folgt beantworten:

Die natürlichen Wasserstrassen, welche Eigenthum des Staates sind, sollen abgabenfrei sein, jedoch kann der Staat für alle Hafenanlagen, sowie für die Anlagen zur Löschung und Ladung der vom und zum Wasser gebrachten Güter und endlich für die Unterhaltung der Fahrstrasse und Winterhäfen eine mässige Gebühr einheben.

Für künstliche Wasserstrassen, welche Eigenthum des Staates sind, ist derselbe berechtigt, Abgaben zu bestimmen, welche nicht nur die Unterhaltungskosten decken, sondern auch das Baukapital in entsprechender Weise verzinsen. Diese Verzinsung soll jedoch keinesfalls höher berechnet werden, als die durchschnittliche Rente der in staatlicher Verwaltung befindlichen Eisenbahnen beträgt.

Die künstlichen Privatwasserstrassen werden selbstverständlich jeder Zeit Abgaben zur Unterhaltung, sowie zur vollen Verzinsung und Tilgung ihres Anlagekapitals einheben müssen.

Wasserstrassen vom Standpunkte der Verkehrspolitik. Die Begründung dieser gegenüber den Eisenbahnen gerechten Auffassung liegt in erster Linie darin, dass ein Staat zwar aus wirthschaftlichen Gründen berechtigt ist, un-

Digitized by Google

rentable Linien, Eisenbahnen und Kanäle zu bauen,*) wohl aber vom Standpunkte der Allgemeinheit seines Gemeinwesens keinesfalls hierzu verpflichtet werden kann.

Welche Strasse, Eisenbahn oder Kanal aber der Staat zu einem gegebenen Zeitpunkte bauen soll, soll in erster Richtung von der technischen Vollkommenheit des einen oder des anderen Verkehrsmittels beurtheilt werden. Findet der Staat, dass trotz der höheren Baukosten eines zeitgemässen Kanales die Einheit der Beförderungsleistung dennoch geringer ausfällt als bei einer Schienenstrasse und dass er eine seinem staatlichen Bahnnetze nahekommende Verzinsung voraussichtlich einnehmen wird, so muss er sich für den Kanalbau entscheiden. Ein zeitgemässer Kanal mit grossen Abmessungen erzielt aber aus den in den früheren Abschnitten angeführten Gründen immer geringere Einheitskosten der Beförderung als die bestgeregelte Eisenbahnanlage, und nur jene Kanallinien, deren Schaffung übergrossen technischen Schwierigkeiten begegnet, welche die Baukosten derselben unverhältnismässig erhöhen würden, müssten gegenüber einer Schienenanlage ausser Betracht kommen.

Nach dem „Journal des Transports 1893" ist heute auf der gesammten Erde für Eisenbahnen ein Anlagekapital von über 160 Milliarden Francs festgelegt. Wie sind aber hierdurch die Kosten für die Einheit einer Beförderungsleistung gesunken, wie sinken sie mit jedem neuen Fortschritt und wie können sie durch die weitere Entwickelung zeitgemässer Wasserkunststrassen noch weiter zum Sinken gebracht werden!

Dieses ist der vorzüglichste Standpunkt zur Beurtheilung des wirthschaftlichen Werthes eines Verkehrsmittels! Denn das Streben nach Verbilligung der Verkehrsleistungen kommt nicht nur innerhalb jeder einzelnen Verkehrsgruppe zum Ausdrucke, sondern es greift weit über die Grenzen derselben hinaus. Wenn der Eisenbahnverkehr in Bezug auf Billigkeit an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit angelangt ist, dann wendet sich naturgemäss der Blick wieder mehr den natürlichen und künstlichen Wasserwegen zu, die ein viel weiteres Herabgehen der Beförderungskosten gestatten. Für eine gesunde Verkehrspolitik des Staates ergiebt sich aber daraus die Verpflichtung, dem wirklichen Bedürfnis nach weiterer Verbilligung der Transportpreise durch Ausbau der Wasserstrassen und Schaffung neuer Wasserwege Rechnung zu tragen.

Wirthschaftlicher Werth der Wasserstrassen für Deutschland. Von welchem grossen Einfluss zeitgemäss ausgestattete Wasserstrassen auf den gesammten Verkehr eines Landes sind und wie im Vereine mit denselben eine Steigerung des allgemeinen und des Eisenbahnverkehres eintritt, mögen folgende Ziffern über die deutschen und französischen Wasserstrassen darlegen:

Nach den statistischen Zusammenstellungen Sympher's beträgt die Zunahme des Verkehres auf den deutschen Wasserstrassen im Jahre 1895 gegenüber dem Jahre 1875, 7,5 Milliarden tkm von 2,9 = 159 pCt. und vom Jahre 1895 bis 1898, in welchem Zeitraume derselbe abermals von 7,5 auf

*) Nicht selten geschieht es auch aus politischen und aus Parteigründen.

Digitized by Google

10,7 Milliarden tkm gestiegen ist, 43 pCt., im Ganzen daher von 1875 bis 1898 270 pCt.

In dem Zeitraume 1875 bis 1895 hat der Verkehr auf den deutschen Eisenbahnen, wie folgende Tafel zeigt, um 143 pCt. zugenommen,

Jahr	Länge der Eisenbahnen km	Zunahme gegen 1875 in %	Güter angekommen in Mill. Tonnen	Güter abgegangen in Mill. Tonnen	Geleistete Güter-tkm in Mill. tkm.	Zunahme gegen 1875 in %	Kilometrischer Verkehr Tonnen	Zunahme gegen 1875 in %	Mittlere Beförderungslänge km
1875	26500	—	83,5	83,5	10900	—	410000	—	125
1885	37000	40	100,0	100,0	16600	52	450000	10	166
1895	44800	69	164,0	167,0	26500	143	590000	44	160

während die Verkehrssteigerung von 1895 bis 1898 auf denselben 26,5 bis 32,6 Milliarden tkm, d. s. weitere 23 pCt., daher die Gesammtsteigerung des deutschen Bahnverkehres von 1875 bis 1898 200 pCt. beträgt.

In den Jahren 1875 bis 1895 betrug die Zunahme des Frachtenverkehres jährlich bei den Wasserstrassen . . . . . 8,00 pCt.
bei den Eisenbahnen . . . . . 7,16 „
und vom Jahre 1895 bis 1898 bei den Wasserstrassen . . . . 14,33 „
bei den Eisenbahnen . . . . . 7,67 „

Im Jahre 1875 wurden auf 26,500 km Eisenbahnen 10900 Millionen, auf 10000 km Wasserwegen 2900 Millionen Tonnenkilometer bewegt (siehe auch VI. Theil, Seite 495). Es entfielen somit von dem Gesammtgüterverkehr Deutschlands 21 pCt. auf die Wasserstrassen und 79 pCt. auf die Eisenbahnen.

Der kilometrische Verkehr, der zutreffendste Masstab für die Beurtheilung der Leistungsfähigkeit eines Verkehrsweges, stellte sich 1875 bei den Wasserstrassen auf . . . . . 290000 t
bei den Eisenbahnen auf . . . . . 410000 t
und die mittlere Beförderungsentfernung
bei ersteren auf . . . . 280 km
bei letzteren auf . . . . 125 km

Der durchschnittliche Umlauf auf den Wasserstrassen war demnach geringer als bei den Eisenbahnen und zwar nach dem ungefähren Verhältnis von 10:14, während die mittlere Beförderungslänge bei den Wasserstrassen mehr als doppelt so gross als auf den Eisenbahnen war.

Im Jahre 1895 leisteten dagegen die um 69 pCt. vermehrten Eisenbahnen 26500 Millionen tkm und die Wasserstrassen, bei 11800 km Gesammtlänge, 7500 Millionen tkm. Das Verkehrsverhältnis zwischen Wasser und Bahn ist daher 1895 22 pCt. bei den Wasserstrassen zu 78 pCt. bei den Eisenbahnen, also nahezu gleich mit jenem des Jahres 1875. Der kilometrische Verkehr auf den Wasserwegen hat aber 1895 gegenüber jenem der Bahnen seit 1875 wesentlich zugenommen und stellt sich
bei ersteren auf . . . . . 750000 t,
bei letzteren auf . . . . . 590000 t.

Digitized by Google

Vergleicht man die mittleren Beförderungslängen bei den

	Wasserstrassen	Eisenbahnen
1875	280 km	125 km
1885	350 „	166 „
1895	320 „	160 „ ,

so begegnet man der Erscheinung, dass bei beiden Verkehrswegen die mittlere Entfernung im ersten Jahrzehnt bis 1885 gestiegen, von da ab jedoch wieder etwas zurückgegangen ist, und dass dieselbe nunmehr bei den Wasserstrassen genau doppelt so gross wie bei den Eisenbahnen ist.

Die Thatsache, dass die Wasserstrassen die doppelte durchschnittliche Beförderungslänge wie die Eisenbahnen haben, beweist, dass dieselben auf weite Entfernungen zu sehr niederen Sätzen befördern können, was unzweifelhaft einem dringenden wirthschaftlichen Bedürfnisse entspricht, welchem die Eisenbahnen nur schwer und, wie im früheren Abschnitte nachgewiesen, oft nur unter Schädigung ihrer Rente nachkommen können. In dieser billigen Beförderungsfähigkeit der Wasserstrassen auf langen Entfernungen liegt in erster Linie deren volkswirthschaftliche Wichtigkeit.

Die seit 1875 und besonders seit 1885 zu verzeichnende Verkehrszunahme entfällt fast ganz auf den Aufschwung der Schiffahrt der Hauptströme, sowie auf die neueren, mit grossen Abmessungen angelegten Kanäle. In dem Zeitraum 1885 bis 1898 ist auf der Elbe eine $4^1/_2$fache, auf der Oder eine 4fache und auf dem Rheine eine $3^1/_2$fache Verkehrssteigerung eingetreten.

Der stärkste kilometrische Verkehrsumlauf betrug 1895:

auf dem Rheine oberhalb Ruhrort und an der holländischen Grenze . . . . 10000000 t*)
auf der Elbe an der Havelmündung . . 4000000 t
auf der Oder oberhalb Stettin und unterhalb Breslau . . . . . 1400000 t

und werden die Zahlen des Rheins nur von dem riesigen Verkehr auf den Binnenseen Nordamerikas übertroffen.

Eine ähnliche Steigerung zeigen die in grösseren Abmessungen hergestellten Kanäle und kanalisirten Flüsse. So ist der kilometrische Verkehr auf dem Plauer Kanal:

von 272000 t in 1876
auf 1000000 t in 1898,

auf dem östlichen Ende des Oder-Spree-Kanales:

von 145000 t in 1875
auf 1800000 t in 1899 und

auf dem kanalisirten Main bei Frankfurt:

von 382000 t in 1875
auf 2250000 t in 1898

gestiegen, während der Elbe-Trave-Kanal schon im ersten Halbjahre seiner Eröffnung einen Verkehr von 100000 t hatte.

Der Antheil der Binnenschiffahrt an der Gesammtgüterbewegung Deutschlands, nach Tonnenkilometern berechnet, beträgt derzeit 25 pCt. oder ein Viertel, derjenige der Eisenbahnen 75 pCt. oder drei Viertel.

*) 1898 erreichte derselbe 12000000 t.

Digitized by Google

Wirthschaftlicher Werth der Wasserstrassen für Frankreich. In ähnlicher Weise, wenn auch nicht so ausserordentlich, hat auch auf dem französischen Wasserstrassennetze, insbesondere seit seinem ab 1885 erfolgten Ausbaue, der Verkehr und wechselseitig mit diesem auch jener auf den Eisenbahnen zugenommen.

Nach dem „Album de Statistique graphique, Paris 1896", betrug der Güterverkehr Frankreichs 1875 bis 1895.

Jahr	Länge in Kilometer	Zunahme der Länge gegen 1875 in pCt.	Güterverkehr in Mill. Tonnen	Güterverkehr in Mill. Tonnenkilometer	Zunahme gegen 1875 in pCt.	Kilometerverkehr in Tonnen	Zunahme gegen 1875 in pCt.	Mittlere Beförderungslänge in Kilom.
			Auf den Binnenwasserstrassen					
1875	12 000	—	15,7	1 960	—	163 000	—	125
1885	12 400	3	19,5	2 450	25	198 000	21	126
1895	12 300	3	27,2	3 770	92	307 000	88	139
			Auf den Eisenbahnen					
1875	19 800	—	58,9	7 360	—	372 000	—	125
1885	29 800	51	77,1	9 790	33	328 000	12	127
1895	36 300	83	105,1	12 980	76	356 000	4	124

Der Wasserverkehr hat bei gleichgebliebener kilometrischer Ausdehnung binnen 20 Jahren um 92 pCt., der Eisenbahnverkehr um 76 pCt. zugenommen.

Der Antheil des Wasserstrassenverkehrs am Gesammtgüterverkehr von 16750 Mill. tkm im Jahre 1895 betrug rund 22 pCt.

Wirthschaftlicher Werth der Wasserstrassen für Europa. In umstehender Tafel sind die Längen und die Verkehre der im VI. Theile beschriebenen Wasserstrassen Europas zusammengefasst. Der Verkehr dieser Wasserstrassen ist nach deren tonnenkilometrischer Leistung annähernd ermittelt.

Die Gesammtlänge der schiffbaren Wasserstrassen berechnet sich auf 83568 km gegenüber 234700 km Eisenbahnlängen. Demnach betragen die europäischen Wasserstrassen mehr als ein Drittheil der Eisenbahnlängen.

Der tonnenkilometrische Verkehr berechnet sich mit 56,8 Milliarden gegenüber einer Eisenbahnleistung von 106,1 Milliarden, somit der Wasserstrassenverkehr rund die Hälfte des Eisenbahnverkehrs beträgt.

Wenn man die Wasserfracht mit dem gewiss hoch angesetzten mittleren Frachtsatze von 1,40 Heller und die Bahnfracht mit 2,20 Heller für 1 Tonnenkilometer in Rechnung stellt, so ergiebt sich ein jährlicher Umsatz an Frachtkosten:

bei den Wasserstrassen von $56{,}8 \times 1{,}40 = 795{,}2$ Milliarden Kronen,
„ „ Eisenbahnen „ $106{,}1 \times 2{,}20 = 2334{,}2$ „ „

Der gesammte europäische Binnenverkehr erfordert demnach einen jährlichen Frachtumsatz von 3129,4 Milliarden Kronen und die gegenüber den Beförderungskosten der Eisenbahn sich ergebende Ersparnis durch die billigere Wasserfracht berechnet sich auf jährlich $56\,800\,000\,000 \times (2{,}20 - 1{,}40) =$ **454 Milliarden Kronen.**

Digitized by Google

Wasser-

Staaten	Schiffbare Länge Kilometer				Verkehr in Millionen Tonnen-kilometern
	natürliche	künstliche		Zusammen	
	Flüsse Binnenseen Ströme	Kanalisirte Flüsse	Kanäle		
Europa					
Oesterreich-Ungarn .	5634	25	359	6018	1800
Deutschland	7700	2000	2100	11 800	10700
Frankreich	4000	3300	4850	12 150	4200
Belgien	500	550	950	2000	1200
Niederlande	2000	200	3100	5300	2000
England	3300	800	2000	6100	2500
Schweden-Norwegen .	1420	180	200	1800	1600
Russland	33 650	850	1000	35 500	32 000
Italien	1400	400	1100	2900	800
zusammen	59 604	8305	15 659	83 568	56 800
Amerika					
Vereinigte Staaten von Nordamerika . .	24 600	1000	4400	30 000	40 000

Digitized by Google

strassen.			Eisenbahnen.	
Anzahl der Binnen-		Anmerkung.	Länge in Kilometern	Verkehr in Millionen Tonnenkilometern
Dampfer über 100 i. HP.	Schleppe über 200 t.			
380	2000	Auf 4051 km Dampferbetrieb. Ausser diesen 6018 km sind noch 5690 km Längen flössbare Wasserläufe vorhanden. * Moldaukanalisirung.	33 700	12 000
1500	7600	Ausserdem noch kleine Moorkanäle. Die Zahl der kleineren Kähne mit bis 200 Tonnen Tragfähigkeit wird auf 13000 beziffert, die Zahl aller Dampfer auf 1900.	48 200	32 600
550	4500	Der gesammte Schiffspark sammt allen kleinen Kähnen beträgt 16000 Schleppe und 680 Dampfer.	41 300	13 000
250	1000	Ausserdem 200 km Flussläufe nur flössbar. Nebst den 1000 grösseren Schleppen und Seglern verkehren noch beiläufig 1000 kleinere Kähne.	6000	3900
300	1200	Ferner 8000 Segler, Barken und kleinere Kähne. Ausser den 5300 km Wasserstrassen sind noch rund 2000 kleine Moorkanäle vorhanden.	3200	3000
400	1800	Ausserdem beiläufig 13000 Schraubenboote. Der tonnenkilometrische Verkehr nur annähernd geschätzt	34 500	13500
300	1400	Ausserdem noch 3200 km Binnenseestrecken. Mit den kleinen Schraubenbugsern 20000. Die Zahl der Kanal- und Fischerboote, sowie der Segler, schätzt man auf 38000.	10 200	1000
** 2800	14000	* Ausserdem 47510 km Flussläufe nur flössbar. Auf 28000 km ist Dampferbetrieb. ** Im Ganzen sind 3040 Dampfer und Bugser u. 20600 Schleppe u. Segler vorhanden.	42 000	25 000
100	300	Ausserdem viele kleinere Kanalboote und Fischerbarken.	15 600	2100
6580	33 800		234 700	106 100
6000	20 000	Die Zahl der Segler wird auf 10000, die Zahl der kleineren Dampfbugser auf 25000 geschätzt.	298 000	158 000

Digitized by Google

Digitized by Google

VI. Theil.

Statistik der Wasserstrassen.

Digitized by Google

17. Abschnitt.

Bestehende und geplante Binnenwasserstrassen.

Entwicklung der Binnenschiffahrt in Europa. Der Aufschwung, den die Binnenschiffahrt in den letzten Jahren durch die technische Entwicklung ihrer Zugsmittel und durch das stetige Anwachsen der Abmessungen der Schiffsgefässe genommen hat, ist zum grossen Theile das Ergebnis der durchgeführten Stromregulirungen und der fortschreitenden Ausgestaltung des künstlichen Wasserstrassennetzes.

Besonders in Deutschland hat die Binnenschiffahrt einen bedeutenden Aufschwung genommen.

Die deutsche Binnenflotte betrug:

1877	17000	Fahrzeuge	mit	1,35	Mill. Tonnen	Tragfähigkeit
1882	18000	„	„	1,63	„ „	„
1887	19300	„	„	2,05	„ „	„
1892	20300	„	„	2,09	„ „	„
1897	20800	„	„	3,30	„ „	„
1899	20600	„	„	3,50	„ „	„

und die Anzahl der Dampfer ist in den Jahren 1892 bis 1899 von 1500 auf rund 1900 gestiegen.

Die Verkehrsleistung auf den deutschen Wasserstrassen hat sich nach Sympher innerhalb 20 Jahre von 2,9 Milliarden auf 7,5 Milliarden Tonnenkilometer, also um 159 pCt., erhöht.

Jahr	Güter		Geleistete Güter-Tonnenkilometer in Millionen	Kilometrischer Verkehr in Tonnen	Zunahme gegen 1875 in pCt.	Mittlere Beförderungslänge
	angekommen	abgegangen				
	in Millionen Tonnen					km
1875	11,0	9,8	2900	290000	—	280
1885	14,5	13,1	4800	480000	66	350
1895	25,8	20,9	7500	750000	159	320

Die tonnenkilometrische Leistung auf den deutschen Binnenwasserstrassen betrug:

1875	2 900 000 000
1880	3 600 000 000
1885	4 800 000 000
1890	6 600 000 000
1895	7 500 000 000

Digitized by Google

und ist nach den statistischen Erhebungen des Jahres 1898 auf 10,7 Milliarden gestiegen.

Doch nicht nur in Deutschland, sondern auch in den übrigen Ländern Europas und in Amerika besteht derzeit das Bestreben, die vorhandenen Wasserstrassen auszugestalten, sowie neue Verbindungen zu schaffen und es verfügen heute fast alle grösseren Staaten über einen lebhaften, immer zunehmenden Wasserstrassenverkehr. Auf den regulirten Strömen wickelt sich ein regelmässiger Dampfschiffbetrieb ab, auf Kanälen wird neben alten Betriebsweisen ein zeitgemässer Schleppzug ausgeübt und es ist der Beweis erbracht, dass eine entsprechend eingerichtete Binnenschiffahrt dem Eisenbahnbetriebe in keiner Weise nachsteht und dass die Wasserstrassen berufen sind, dem wirthschaftlichen Leben einen neuerlichen Aufschwung zu geben.

Während diese alten Verkehrswege in der Zeit des Eisenbahnbaues missachtet wurden, sieht man jetzt deren Vorzüge in Bezug auf Billigkeit der Beförderung und Entlastung der Eisenbahnen von minderwerthigen, hohe Frachtsätze nicht vertragenden Gütern ein und wendet denselben nun alle Sorgfalt zu.

Welcher Umschwung in den Ansichten über den Werth der Wasserstrassen eingetreten ist, beweist das Wasserstrassengesetz Oesterreichs (siehe Abschnitt 18), in welchem Lande man durch eine grosszügig verfasste Kanalvorlage das gut zu machen trachtet, was durch jahrelanges Verkennen der Sachlage zum Schaden der wirthschaftlichen Entwickelung dieses Staates versäumt wurde. Denn gerade in Oesterreich-Ungarn mit seiner verhältnismässig geringen und entlegenen Küstenlänge muss die Binnenschiffahrt Ersatz für diesen Mangel bieten und dieses umsomehr, als seine grossen Flussstrassen mitten durch das Herz des Reiches gehen und, mit dem vorhandenen mächtigen deutschen Stromverkehre in unmittelbare schiffbare Verbindung gebracht, sich zu seinen wichtigsten Verkehrsadern entwickeln werden.

Frankreich, Russland und Nordamerika bilden weitere Beispiele der Erkenntnis des Werthes der Binnenwasserwege. Der Verkehr auf deren Wasserstrassen hat sich überraschend entwickelt, was ausser der günstigen natürlichen Lage derselben wesentlich eine Folge deren Vervollkommnung und Verbindung untereinander war, die es ermöglicht, die Schiffsgefässe ungehindert auf weiten Entfernungen fortzubewegen, wodurch dieselben weit unter den Eisenbahnfrachten liegende Beförderungskosten ergeben.

Bei der Anlage von Wasserstrassen kann man die Arten und die Menge von Gütern, welche dieselben benutzen werden, nicht voraussehen, weil durch sie erst neue Verkehrsgüter in Kreislauf gebracht und absatzfähig gemacht werden, wie dieses beispielsweise die Erzebeförderungen auf den grossen Seen Nordamerikas und die Kohlenverkehre am Rheine und auf der Elbe beweisen. Nur diejenigen Wasserstrassen, welche durch entsprechenden Ausbau und zweckmässigen Betrieb nicht in Stand gesetzt wurden, billiger als die Eisenbahnen zu befördern, haben, wie jene in Spanien und theilweise in England, ihre Verkehre verloren.

Digitized by Google

Oesterreich. Die österreichischen Wasserstrassen (siehe Kartenbild 290) sind mit Ausnahme des 4,1 km langen Verbindungskanales vom Wörthersee nach Klagenfurt durchwegs natürliche Flussläufe und Binnenseen. Die im Küstenlande und Dalmatien befindlichen „Canali" sind keine künstlich angelegten Kanäle, sondern nur natürliche Fortsetzungen der Küstenflüsse zum Meere. Die Längen derselben betragen:

Im Küstenlande: der Canale von Aquileja bis zur Ausmündung in das Meer . . . . . 8,2 km
der Canale Autora vom Terzoflusse bis zur Mündung in die Aussa 16,1 „
der Canale Primiero und seine Fortsetzungen . . . . . 25,0 „
der Canale Biero . . . . . 6,0 „
In Dalmatien: der Canale della Morlacca . . . . . 10,8 „

Die Gesammtlänge aller österreichischen Binnengewässer beträgt 6700 km, von welchen 3762 nur für Flösserei geeignet und 2938 km für Schiffe befahrbar sind. Auf 1000 km wird Dampferbetrieb ausgeübt.

Nach Schromm stellen sich die Längen der befahrbaren Fluss-, Kanal- und Binnenseestrecken in den einzelnen Kronländern:

Land	Flüsse	Kanäle	Binnenseen	Gesammtlänge	hiervon befahrbar	
					nur für Flösse	für Schiffe
Niederösterreich . .	290,6			290,6		290,6
Oberösterreich . .	618,1		63,6	681,7	249,1	432,6
Salzburg	99,6		13,1	112,7	56,0	56,7
Steiermark	503,9		9,2	513,1	389,3	123,8
Kärnten	389,5	4,1	28,7	422,3	263,2	159,1
Krain	141,0			141,0	57,8	83,2
Küstenland	63,2	55,3		118,5		118,5
Tirol und Vorarlberg	339,0		96,1	435,1	151,3	283,8
Böhmen	1160,9			1160,9	806,0	354,9
Mähren	263,6			263,6	230,4	33,2
Schlesien	27,0			27,0		27,0
Galizien	2125,9			2125,9	1206,9	919,0
Bukowina	351,9			351,9	351,9	
Dalmatien	44,6	10,8		55,4		55,4
Summe:	6418,8	70,2	210,7	6699,7	3761,9	2937,8

Für die Wasserstrassen hat Oesterreich bisher nicht unbedeutende Summen, zum grössten Theile für die Donau, aufgewendet, jedoch weniger vom Standpunkte der Schiffahrt als vielmehr zum Schutze gegen Hochwasser. Abgaben werden vom Staate nicht erhoben.

Die Ruderschiffahrt und der Gegenzug mit Pferden sind im Rückgange begriffen, dagegen befindet sich der Dampfschiffbetrieb im steten Aufschwunge.

Digitized by Google

Donau- und Elbeverkehr in Oesterreich. Für die Grossschiffahrt kommen nur die Donau und die Elbe in Betracht, indem der Schiffsverkehr auf den übrigen österreichischen Binnengewässern ein unbedeutender ist. Während jedoch die Vorbedingungen für die Entwickelung der Elbeschiffahrt sehr günstig liegen, hat die Donauschiffahrt mit vielen Erschwernissen zu kämpfen.

Auf die Entfaltung der Elbeschiffahrt wirkt der Umstand besonders günstig, dass die Kohle in grossen Mengen flussabwärts in industriereiche Gegenden mit dichten Bevölkerungen, welche Kohle immer benöthigen, befördert wird. Ferner liegt, ganz abgesehen von den an der Elbe gelegenen grossen Handelsplätzen Aussig, Dresden und Magdeburg, an der Ausmündung dieses Stromes der wichtigste Hafen des europäischen Festlandes, Hamburg, welcher den Elbeschiffen immer zahlreiche Bergfrachten giebt.

Der Donauschiffahrt fehlt dagegen der grosse Thalverkehr an Kohle, Erzen, Baumaterialen und Holz und ist dieselbe hauptsächlich auf den Bergverkehr mit Getreide angewiesen. Die Donau mündet eben nicht wie die Elbe, der Rhein oder die Oder in eine offene See, denn das schwarze Meer ist ein Binnenmeer und alle neben und an demselben gelegenen Hafenstädte, wie Braila, Galaz, Sulina, Odessa, Varna, Batum, können nie jene Bedeutung für die Schiffahrt erlangen, wie Hamburg, Antwerpen, Amsterdam oder Stettin.

Die auf der Donau thalwärts bis zum Schwarzen Meere gelangenden Güter sind zum grössten Theile für erst im Entstehen begriffene Industriegebiete bestimmt, für Bevölkerungen, die noch in der Entwickelung ihrer Kultur begriffen sind, daher noch wenige Bedürfnisse haben. Lebhafter ist der Thalverkehr nur in der untersten Donau zufolge der Getreideausfuhr Rumäniens seewärts über Braila-Galaz.

Für den Bergverkehr der Donau sind wieder allein die Bodenerzeugnisse von Rumänien, Bulgarien, Serbien und Ungarn massgebend, weshalb dieser immer nur von dem jeweiligen Ergebnisse der Ernte, also von den Witterungsverhältnissen abhängig ist. Gerade aber zur Zeit der Ernteausfuhr im Herbste sind die Donauwasserstände am tiefsten, so dass die Schiffe nicht voll beladen werden können, daher die für den Verkehr einzig günstige Gelegenheit lohnend auch nicht ausgenützt werden kann.

Bei dieser natürlichen und Verkehrslage des Donaustromes, ohne Verbindungen mit dem grossen Weltverkehre, muss sich derselbe auf die Rolle beschränken, den Güteraustausch zwischen den Industriegegenden Westösterreichs und den Ackerbaustaaten des Balkan so weit zu vermitteln, als die Versorgung mit Industrieerzeugnissen für diese Staaten vom Seewege aus nicht vortheilhafter erscheint. Die Donau kann demnach ohne Verbindungen mit den Mittelpunkten der nordwestlichen Industrie als Verkehrsstrasse nie jene Bedeutung erlangen, wie sie diesem grossen und leistungsfähigen Strome entsprechen würde.

Gliedert man jedoch die Donau den deutschen Wasserstrassen und deren gewaltigen Seehäfen an, so wird nicht nur ein grosser Güteraustausch zwischen diesen und den Donauländern entstehen, sondern es werden der Donaustrasse dann auch die grossen Kohlenfelder Böhmens, Schlesiens und Mährens, sowie die Kohlen- und Eisengebiete des Rheinlandes und Westfalens erschlossen werden, wodurch in Folge des billigen Bezuges von Brenn- und Rohmaterial

Digitized by Google

längs des Donauthales bald zahlreiche Industrien entstehen werden und der Wasserstrassenverkehr Oesterreichs, welcher heute auf allen Wasserläufen nur 480000000 tkm oder 5·5 pCt. des gesammten österreichischen Verkehres von 8,7 Milliarden Tonnenkilometer beträgt, wird dann eine mächtige Steigerung erfahren.

Die in Oesterreich geplanten Kunstwasserstrassen sind im Abschnitte 18 behandelt.

Ungarn. Die Länge der ungarischen natürlichen und künstlichen Wasserläufe (siehe Bild 290) beträgt 5008 km, von welchen 355 km Kanäle und 121 km Binnenseen sind. Auf 3080 km besteht Dampfschiffahrt.

Die Wasserstrassen Ungarns vertheilen sich auf:

Flüsse, Binnenseen und Kanäle	flössbar	schiffbar
Donau, von der österreichischen bis zur rumänischen Grenze einschliesslich ihrer schiffbaren Seitenarme . . .	1076 km	1062 km
Nyitra	51 „	
Vág (Waag)	317 „	
Garam	147 „	
Sio	155 „	
Drau	249 „	229 „
Save	663 „	604 „
Bossut	49 „	
Kulpa	136 „	
Temes	3 „	3 „
Theiss	969 „	461 „
Szamos	99 „	
Bodrog	30 „	
Körös	219 „	127 „
Maros	369 „	118 „
Plattensee	121 „	121 „
Bega-Kanal	115 „	115 „
Franzens- und Franz-Josefs-Kanal	240 „	240 „
Zusammen . .	5008 km	3080 km

An die Binnenschiffahrt knüpfen sich die wichtigsten Interessen des wirthschaftlichen Lebens Ungarns, weil dieses als vorwiegend landwirthschaftlicher Staat darauf angewiesen ist, sich die Vortheile einer billigen Beförderung zu sichern. Ungarn hat desshalb für die Ausgestaltung seiner Flüsse schon viele Opfer gebracht. Die bedeutendsten Arbeiten sind die Regulirung der

Digitized by Google

oberungarischen Donaustrecke, ferner jene am Eisernen Thor und den Katarakten und die umfassenden Werke zum Schutze des Theissgebietes gegen Hochwasser. Im Jahre 1895 hat die ungarische Regierung neuerlich 54 Mill. Kronen zum Ausbau des Wasserstrassennetzes bewilligt.

Ungarische Transportsteuer und Schiffahrtsgebühren am Eisernen Thor. Abgaben für Benützung der Wasserstrassen werden in Ungarn eingehoben. Bezüglich des Franzenskanals ist dieses selbstverständlich, weil derselbe Besitz einer Aktien-Gesellschaft ist. Mit den internationalen Bestimmungen der Freiheit der Donauschiffahrt*) steht jedoch im Widerspruche die Einhebung der sogenannten „Transportsteuer", eine Abgabe, welche die Schiffahrt seit dem Jahre 1875 belastet. Dieselbe beträgt für die im ungarischen Verkehr im Personendienste und der Gepäcksbeförderung eingehobenen Frachtgebühren 18 pCt, von den im Eilgute eingenommenen Frachten 7 pCt., von den übrigen Einnahmen im Frachtgeschäfte und für Schleppzugleistungen 5 pCt.

In neuerer Zeit wird in Ungarn ausser dieser Transportsteuer noch für die Benutzung der Kataraktenstrecke und des Eisernen Thores eine die Höhe der üblichen Schiffahrtsabgaben weit übersteigende Gebühr bestimmt.

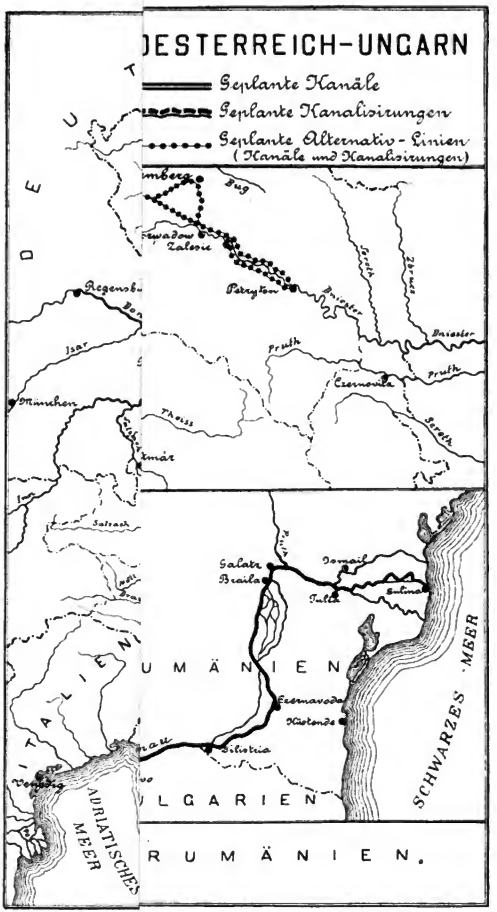
Dieselbe berechnet sich für den in Betracht kommenden Donauabschnitt vom Beginne der Katarakte bis Turn-Severin auf rund 2 Heller für 1 tkm.

Diese Abgabe wirkt auf den dortigen Verkehr geradezu lähmend und hebt den Werth der im Interesse der Schiffahrt dort ausgeführten bedeutenden Regulirungsarbeiten zum grossen Theile auf. Als Beweis hierfür möge nur angeführt werden, dass die tonnenkilometrische Leistung der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft im Jahre 1898, als ihr der eben fertiggestellte Eiserne Thor-Kanal gebührenfrei zur Benutzung überlassen wurde, auf der Kataraktenstrecke mit 1400 Schleppen 32500000 betrug, während der Verkehr seit Einführung der Kataraktengebühr auf jährlich 300 bis 400 Schleppe mit 6 bis 9000000 tkm gesunken ist.

Ungarische Kanalbauentwürfe (siehe Kartenbild 290). In Ungarn liegen schon seit längerer Zeit verschiedene Kanalprojekte vor. So die Verbindung der Theiss mit der Donau bei Budapest, welcher der Gedanke zu Grunde liegt, die Hauptstadt zum Mittelpunkte des Wasserverkehres Ungarns zu machen und in dieser das ganze Getreidegebiet der Theiss zu vereinigen. Der bestehende, die Theiss mit der Donau verbindende Franzenskanal entspricht dieser An-

*) Der Pariser Vertrag vom 27. April 1856, Absatz 2, Artikel 15 bestimmt ausdrücklich, „dass die Schiffahrt auf der Donau vollkommen frei von allen Abgaben sei. Es darf dieselbe weder einem Hemmnisse noch einer Abgabe unterworfen werden, es darf daher auch weder ein Zoll, welcher allein auf die Thatsache der Beschiffung des Flusses gegründet wäre, noch irgend eine Abgabe von Waaren erhoben werden, die sich an Bord der Schiffe befinden. Ausgeschlossen hiervon sind nur jene Abgaben, welche zur Deckung und Verzinsung solcher Anlagen bestimmt sind, die im eigensten Interesse der Schiffahrt nothwendig geworden sind, aber auch diese können nicht ohne gemeinsame Uebereinkunft der Vertragsmächte festgesetzt und dürfen niemals als eine Einnahme dem einzelnen Staate zugewendet werden."

Digitized by Google



Suppán, Wasserstrass

Verlag von A. Troschel, Berlin.

Digitized by Google

Digitized by Google

	1875	1898
Berlin und Umgebung	3239000	6431000
Ruhrort, Duisburg, Hochfeld	2935000	11388000
Mannheim	736000	4508271
Ludwigshafen	129000	1324497
Breslau	127000	1231871
Frankfurt am Main	201000	1086924
Köln	258000	895427
Kosel-Oderhafen	150000	799000
Magdeburg	676000	789098
Düsseldorf	140000	600036
Dresden	196000	535305 Tonnen.

In der Güterbewegung auf den Wasserstrassen fällt auf, dass die Menge der ausgeführten Güter um etwa ein Fünftel geringer als die der angekommenen ist. Es rührt dies daher, weil mehr Massengüter, wie Getreide, über die Grenze eingeführt wurden, als über dieselbe gegangen sind. Dieser Ueberschuss ist für Hamburg, den Ankunftshafen des amerikanischen Getreides, besonders stark.

Rhein-, Elbe- und Oderverkehr. Den grössten Verkehr weist das Rheingebiet mit 3,4 Milliarden tkm auf.

Auf den Rheinstrom entfallen 886 km, auf seine Nebenflüsse 1440 km und auf die ihm angegliederten Kanäle 524 km schiffbare Längen. Das Rheinbecken umfasst somit mehr als 25 pCt. der gesammten Länge aller Wasserstrassen Deutschlands. Am dichtesten ist der Rheinverkehr zwischen Ruhrort und der holländischen Grenze. Kein anderer Strom besitzt eine so grosse Anzahl von Häfen, 50 grössere und 24 kleinere, in welchen jährlich über 30 Mill. t umgeschlagen werden, von denen rund 20 Mill. auf die deutschen und 10 Mill. auf die holländischen Häfen entfallen. Die Rheinhäfen sind nicht nur durch ihren Verkehrsumfang, sondern auch durch die Zweckmässigkeit ihrer Anlagen und Reichhaltigkeit ihrer Lade- und Löscheinrichtungen hervorzuheben. Die bedeutendsten Stromhäfen sind Ruhrort, Mannheim, Duisburg, Ludwigshafen, Köln und Düsseldorf, deren Anlage 70 Mill. M. gekostet hat. Die Hafenanlage in Ruhrort wird dermalen abermals vergrössert.

Der überseeische Verkehr des Rheines wird durch die beiden niederländischen Seehäfen Rotterdam und Amsterdam, sowie durch den belgischen Seehafen Antwerpen vermittelt:

	Antwerpen	Rotterdam	Amsterdam
1898	6414000 t	5680000 t	1558000 t

Dem Rheinverkehre folgt in der Grösse jener des Elbegebietes mit 2,8 Milliarden tkm auf eine Ausdehnung von 1940 km, wovon auf die Elbe von Hamburg bis zur österreichischen Grenze 615 km entfallen. An dritter Stelle kommt sodann das Odergebiet mit 710000000 tkm.

Digitized by Google

Den tonnenkilometrischen Verkehr der einzelnen Stromgebiete für das Jahr 1895 zeigt folgende Tafel:

Stromgebiet	Länge	Güter		Geleistete Güter-Tonnenkilometer
		angekommen	abgegangen	
	km	in Tausenden von Tonnen		
Memelgebiet	310	660	410	112 000 000
Pregelgebiet	340	600	200	43 000 000
Elbingstromgebiet . . .	100	40	40	2 000 000
Weichselgebiet	320	560	390	148 000 000
Odergebiet	1360	1080	2710	710 000 000
Ostsee westlich der Oder .	160	40	40	1 000 000
Elbegebiet und märkische Wasserstrassen . . .	1940	10 160	6220	2 760 000 000
Wesergebiet	690	390	390	76 000 000
Emsgebiet	210	20	40	4 000 000
Rheingebiet mit dem Main-Donaukanal u. Bodensee	2850	11 220	9330	3 372 000 000
Deutsches Donaugebiet .	1110	250	170	24 000 000
Uebrige Wasserstrassen .	1610	780	960	248 000 000
Zusammen	11 000	25 800	20 900	7 500 000 000

Wichtigste Kanäle Deutschlands. Nach dem Baualter geordnet ergeben sich folgende wichtigere Kanalverbindungen:

Digitized by Google

Bezeichnung	Bauzeit	Länge in Kilometern	Wasserspiegel-Breite	Sohlen-Breite	Kanal-Tiefe	Anzahl der Schleusen	Befahrbar mit Schiffen von einem Tonnengehalt
			in Meter				
Havelländischer Hauptkanal, verlässt die Havel oberhalb Spandau und mündet unterhalb des Hohenauer Sees in die Havel.	1718—1725	76,4	8	5	0,9	2	125
Finow-Kanal, verlässt die Oder unter Benutzung der alten Oder bei Hohensaathen und mündet bei Liebenwalde in den Vosskanal.	1744—1746	53,6	24	12	1,75	14	170
Klodnitzkanal, beginnt bei Gleiwitz und mündet bei Kosel in die kanalisirte Oder.	1790—1801	46	10	—	1,5	18	100
Rhein-Rhônekanal, erreicht bei Altmünsterol die deutsch-französische Grenze und geht über Mülhausen nach Strassburg.	1790—1834	132,3	14,5	10	2,0	87	200
Ludwigs-Kanal, verlässt bei Kehlheim die Donau unter Benutzung der kanalisirten Altmühl, erreicht bei Fürth die Regnitz, in die er bei Bamberg mündet.	1836—1845	172,4	15	10	0,95-1,40	101	125
Rhein-Marnekanal, erreicht bei Lagarde die deutsch-französische Grenze und zieht dem Zornthal folgend über Zabern zum Rheinkanal unterhalb Strassburg.	1838—1853	104,5	14,8	10	1,6	64	200
Elbing Oberländischer Kanal, verbindet Elbing unter Benützung des Drausen-, Röthloff- und Geserichsees mit Deutsch-Eylau. Seine Abzweigungen erreichen Osterode und Saalfeld.	1844—1860	140,5	16	7,5	1,3	4 Trockenbecken 4 Schleu.	50
Saar-Kohlenkanal, verbindet den Rhein-Marne-Kanal mit der kanalisirten Saar.	1862—1866	63,4	15,4	10	2,0	27	200
Oder-Spreekanal, verlässt die Oder oberhalb Fürstenberg, benutzt 11,5 km des Müllroserkanals, geht zur kanalisirten Spree, folgt dieser bis ungefähr Braunsdorf und mündet in den Nebenfluss der Spree, die Dahme	1887—1891	100,6	27	18	2,5	7	400
Kaiser-Wilhelm-Seekanal, welcher die Nordsee an der Einmündung der Elbe bei Brunsbüttel verlässt und bei Holtenau-Kiel in die Ostsee endet.	1887—1895	98,6	67	22	9	2	Seeschiffe
Dortmund-Emskanal, führt aus dem Dortmunder Hafen nach Henrichenburg, wo er den Zweigkanal von Herne aufnimmt und dann über Münster nordwärts der Ems bis Hanekenfähr-Oldersum geht, um in den Kanalhafen von Emden zu enden. Im Anschlusse an denselben ist der Mittelland-Kanal geplant, welcher von diesem bei Bevergern abzweigend bis zur Elbe führen wird.	1892—1899	282,5	30	18	2,5	1 Hebewerk 19	600
Elbe-Travekanal, verlässt die Elbe bei Lauenburg und führt dem Lauf des alten Stecknitzkanals folgend, nach Lübeck zur Trave.	1895—1900	67,6	28	20	2,5—3	7	600

Digitized by Google

Abgaben werden von den deutschen Staaten nur auf einigen Kanälen und den kanalisirten Flussstrecken in der durchschnittlichen Höhe von ungefähr 0,30 Heller für 1 tkm eingehoben. So betragen die Schiffahrtsabgaben für 1 tkm auf

dem Oder-Spree-Kanal	. .	0,20 bis	0,40
der kanalisirten Oder	. .	0,30 „	0,50
dem kanalisirten Main	. .	0,35 „	0,60 und
dem Dortmund-Ems-Kanal	.	0,15 „	0,40 Heller.

Der Betrieb geschieht auf den alten Kanalanlagen zum Theil mittels Treidelns, auf den Flüssen, Strömen und neuen Kanälen zumeist durch Dampfkraft. In jüngster Zeit wurden Schleppversuche auf Kanälen mittels elektrischer Lokomotiven gemacht (siehe Abschnitt 13). Der Rhein und die Elbe haben den bestgeregelten Schiffahrtsbetrieb. Die Frachtsätze schwanken je nach der Natur der Wasserstrasse und richten sich nach dem besseren oder schlechteren Wasserstande und nach dem Angebot an Laderaum (siehe Abschnitt 15).

Deutsche Kanalbauentwürfe. Gegenwärtig liegen verschiedene Kanalprojekte vor: Die Verbindung des Rhein-Elbekanales mit 8 Zweigkanälen nach Osnabrück, Minden, Linden, Wülfel, Hildesheim, Lehrte, Peine und Magdeburg, ferner die Kanalisirung der Weser von Minden bis Bremen und ein Zweigkanal nach Braunschweig. Weiters wird beabsichtigt, zwischen Berlin und Stettin einen Grossschiffahrtsweg einzurichten und endlich beschäftigt man sich mit dem Plane einer Umgestaltung des alten Main-Donaukanales.

Die von der preussischen Regierung verfasste Kanalvorlage umfasst einen Bauplan von fünfzehn Jahren in nachstehender Weise:

1.	Für einen Kanal vom Rhein zum Dortmund-Emskanal, für den Mittelland-Kanal von Bevergern bis an die Elbe bei Magdeburg und die Weser-Kanalisirung von Bremen bis Hameln	260 784 700 M.
2.	für einen Berlin-Stettiner-Kanal	41 500 000 „
3.	für den Umbau der Kanäle und Wasserstrassen zwischen Oder und Weichsel und Schiffbarmachung der Warthe von der Mündung der Netze bis Posen	22 631 000 „
4.	für Verbesserung der Schiffahrt auf der mittleren Oder	4 100 000 „
	Ausserdem betheiligt sich der Staat noch	
5.	an der Herstellung der Vorfluth in der unteren Oder mit	40 989 000 „
6.	an den gleichen Arbeiten für die untere Havel mit .	9 670 000 „
7.	an der Regulirung der Spree mit	9 336 000 „
	zusammen	389 010 700 M.

Der Umbau der Masurischen Kanäle, sowie die Kanalisirung der Lippe wurde einem späteren Zeitpunkte vorbehalten.

Die preussische Regierung verfolgt dabei den Plan, auf allen von Berlin westlich gelegenen Wasserstrassen 600 Tonnenschleppe, auf allen östlich gelegenen 400 Tonnenschleppe verkehren zu lassen. Die normalen

Digitized by Google

Schleusen für Boote mit 600 t Ladung erhalten 67 m Länge und 8,6 m Breite, während die Schleusen für Boote von 400 t Ladung bei gleicher oder einer Breite von 7 m nur eine Länge von 57,5 m bekommen. Die Möglichkeit, die letzteren Schleusen im Bedarfsfalle zu verlängern, ist baulich vorgesehen.

Die wichtigste zu schaffende Wasserstrasse Deutschlands ist der Rhein-Weser-Elbekanal (Bild 292). Derselbe wird vom Dortmund-Emskanal einerseits bei Herne zum Rhein, anderseits bei Bevergern über Hannover in die Elbe unterhalb Magdeburg führen und diese Stadt mit einer Zweiglinie verbinden. Er ist, wie schon erwähnt, bestimmt, die Stromgebiete der Elbe, der Weser, der Ems und des Rheines mit einander zu vereinigen.

Der bei Herne zum Rhein abzweigende Kanal erhält eine Länge von 39,5 km, an seinem Ende läuft er mit der Emscher zusammen. Der von Bevergern zur Elbe führende „Mittellandkanal“ wird 325 km Länge

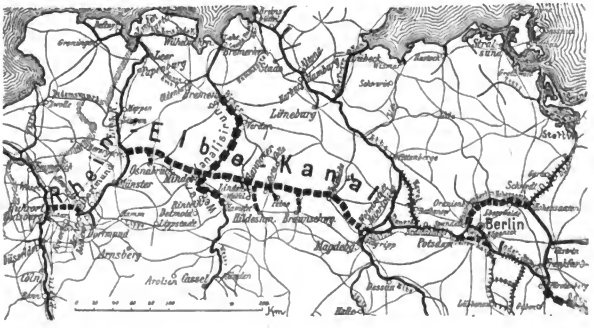


Bild 292. Der Dortmund-Ems- und der geplante Mittelland-Kanal.

erhalten, bei Minden die Weser überschreiten, über Hannover führen und gegenüber Niegripp unterhalb Magdeburg in die Elbe münden. Von demselben sind 88,7 km Zweigkanäle: nach Osnabrück 15,4 km, Minden 3,2 km, Linden 11,9 km, Wülfel 6,4 km, Hildesheim 23,6 km, Lehrte 2,6 km, Peine 15,6 km und Magdeburg 10,0 km geplant. Von Minden nach Hameln (61 km) soll die Weser kanalisirt werden.

Die Baukosten für diese im Ganzen 414 km neuen Kanäle und 61 km lange Weserkanalisirung werden auf 261 000 000 Mark, die Betriebs- und Unterhaltungskosten auf 2 169 000 Mark berechnet. *)

Der vollendete Dortmund-Ems-Kanal (Bild 292) hat von Herne bis Emden ein mittleres Gefälle von 56 m; dasselbe wird durch 16 Schleusen erstiegen, während die in 16 m Höhe gelegene Haltung von Dortmund bis Münster durch das senkrechte Hebewerk bei Henrichenburg (siehe Seite 168) über-

*) Sympher: Die wasserwirthschaftliche Vorlage. Berlin 1901.

Digitized by Google

wunden wird. Die längste Kanalhaltung zwischen Herne und Münster beträgt 67 km. Der Kanal ist an der Sohle 18 m, am Wasserspiegel 30 m breit, hat eine Tiefe von 2,50 m, die Schleusen sind 67 m lang, 8,6 m breit, die Schleppzugschleusen von Glees abwärts 165 m lang und 10 m breit. Alle Schleusen haben 3 m Tiefe.

Vergleicht man die Frachtsätze der Eisenbahnen mit den zukünftigen Frachtsätzen dieser Wasserstrassen, so berechnen sich die letzteren erheblich billiger. Die Beförderungskosten am Mittelkanal berechnet man unter Zugrundelegung von Abgaben, welche zur Unterhaltung, Verzinsung und Tilgung des Baukapitals ausreichen, mit allen Nebenkosten durchschnittlich auf 1,50 Pf. für 1 tkm. Die Frachtsätze für den Bereich der preussisch-hessischen Eisenbahngemeinschaft betrugen im Jahre 1898 für Güter des billigsten Tarifes, bei Aufgabe von ganzen Wagenladungen 2,40 Pf. für 1 tkm. Heute kostet der Bahntransport von 1 t Getreide von Bromberg (Stettin) nach Herne (Dortmund-Emskanal) 23,00 M. Auf dem Wasserwege wird sich die Beförderung auf 13 bis 14 M. stellen. Die Frachtersparnisse, welche sich demnach durch den Rhein-Weser-Elbe-Kanal allein unter Zugrundelegung des heutigen Eisenbahnverkehres ergeben würden, können auf jährlich 38 Millionen Mark veranschlagt werden.

Frankreich. (Bild 293.) Bei der günstigen Lage Frankreichs, welches von drei Seiten vom Meere eingeschlossen und von zahlreichen Flüssen durchzogen wird, war es möglich, durch Verbindung der natürlichen Flussläufe mittels Kanälen ein nach allen Richtungen ausstrahlendes Verkehrsnetz zu schaffen.

Die ersten Kanäle, jener von Briare und Languedoc, wurden von Privatgesellschaften 1642 bis 1670 erbaut. Die ersten Kammerschleusen sind im Jahre 1528 zur Kanalisirung des Ourcq, der Vilaine und Lot entstanden. Auch zur Zeit des grossen Kaisers wurde dem Kanalbau von Seite des Staates viel Aufmerksamkeit zugewendet, nachdem schon vorher durch die Revolution 1000 km im Privatbesitze des Adels und der Kirche befindliche Kanallängen als Staatseigenthum erklärt wurden. Nach und nach löste der Staat auch die übrigen Privatkanäle ein, so dass im Jahre 1870 fast das ganze Kanalnetz in Händen desselben war, wodurch es möglich wurde, dass ab 1879 die gänzliche Aufhebung der früher bestandenen Abgaben erfolgte.

Unter dem Ministerium Freycinet wurde eine Regulirung des gesammten Wasserstrassennetzes herbeigeführt und die Kanäle je nach ihrer Bedeutung in vom Staate ausschliesslich zu verwaltende Hauptlinien und in Nebenlinien, welche von Privaten mit oder ohne Staatsunterstützung betrieben wurden, eingetheilt. Diese Arbeiten kosteten 1200 Millionen Francs und sind heute nahezu vollendet Die Hauptlinien wurden für mindest 300-Tonnen-Schiffe ausgestaltet, 1400 km neue Kanallängen geschaffen, 3600 km alte umgebaut und 4000 km Flusslängen verbessert oder kanalisirt.

Frankreich hat, wie die „Direction de la navigation" ausweist, im abgelaufenen Jahrhundert für seine Schiffahrtskanäle allein 871,7 Mill. Francs verausgabt. Die Länge der gesammten Wasserstrassen Frankreichs beträgt heute 12150 km, davon entfallen auf Kanäle 4850, auf Flusskanalisirungen 3300 und

Digitized by Google

Bild 293.

auf natürliche schiffbare Flusslängen 4000 km. Hiervon haben 2630 km Schiffahrtswege eine Wassertiefe von 2,00 m, in den Schleusen 2,50 m Drempel-

Digitized by Google

tiefe und eine nutzbare Länge von 38,5 m bei durchgängiger Kammerbreite von 5,2 m.

Dem allgemeinen Verkehre werden in Frankreich alle Wasserstrassen kostenfrei zur Verfügung gestellt. Der Staat bewirkt auf seine Kosten die Handhabung der Schleusen, Speisung der Kanäle, sei es durch Anlage von Sammelbecken oder durch Hebung des nöthigen Wassers mittels Pumpwerken. Er trägt mit einem Worte die gesammten Unterhaltungs- und Verwaltungsauslagen und überlässt den Betheiligten nur die Ausnutzung der Wasserstrassen durch entsprechenden Schiffahrtsbetrieb, sowie die Beschaffung der Vorrichtungen zum Ein- und Ausladen der Güter.

Französischer Kanalbetrieb. Der Betrieb wird grösstentheils durch Treideln mit Pferden und Menschen ausgeübt, nur etwa 10 pCt. des gesammten Verkehres wird mittels Dampfers und mechanischen Schleppzuges, in neuester Zeit durch elektrischen Lokomotivbetrieb, bewerkstelligt.

Bei dem gesammten Wasserstrassenverkehr Frankreichs von 4,2 Milliarden tkm bringt jede Verminderung der Frachtkosten eine grosse Ersparnis, weshalb auch dem Schleppzuge eine sehr grosse Aufmerksamkeit zugewendet wird und auf vielen Versuchsstrecken verschiedenartige mechanische Zugsmittel eingerichtet sind (siehe Abschnitt 13).

Die Zugskosten der verschiedenen Arten des Schiffszuges berechnet die Staatsverwaltung wie folgt:

	Fahrgeschwindigkeit pro Stunde in km	Kosten pro tkm in Heller
Auf Kanälen:		
Zug durch Menschen	1,5	0,50
Pferdezug	2,0	0,40
Mechanischer Schleppzug	3,5	0,35
Auf Flüssen:		
Pferdezug Bergfahrt	3,0	0,60
„ Thalfahrt	4,0	0,30
Kettenschiffahrt zu Berg	4,5	1,00
„ zu Thal	5,5	0,50
Schleppdampfer zu Berg	4,5	1,10
„ zu Thal	6,2	0,50

Die durchschnittlichen Zugskosten belaufen sich auf beiläufig $^1/_2$ Heller für 1 tkm bei einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 4 km in der Stunde. Die bezahlten Frachtkosten bewegen sich auf den grösseren Kanälen zwischen 0,70 bis 1,70 Heller, auf den Flüssen im Mittel auf 1,20 Heller.

Verkehrszunahme auf den französischen Wasserstrassen. Durch die Fürsorge, welche der Staat den Wasserstrassen zuwendet, ist der Verkehr auf denselben sehr gestiegen. Derselbe hat nach dem „Album de statistique graphique" von 1882 bis 1896 in Tonnenkilometern um 85 pCt. zugenommen. 1882 betrug die Länge aller schiffbaren Wasserstrassen 12 230 km mit einem Verkehre von 2265000000 tkm, die Länge aller Eisenbahnen 25670 km mit

Digitized by Google

einem Verkehre von 10835000000 tkm; es entfielen somit auf 1 km Wasserstrasse 185166 und auf 1 km Eisenbahn 423665 tkm. 1896 betrug die Länge der Wasserstrassen 12360 km mit 4191000000 tkm, die Länge der Bahnen 36670 km mit 12900000000 tkm; es entfielen somit auf 1 km Wasserstrasse 338978 und auf 1 km Eisenbahn 360000 tkm (siehe auch Seite 489).

Französische Kanalbauentwürfe. Die französische Regierung hat vor Kurzem einen neuerlichen Gesetzentwurf zur Vorlage gebracht, welcher die Ausführung neuer Wasserstrassen und Verbesserung vorhandener Kanäle, Flüsse und Seehäfen mit einem Kostenvoranschlage von 600 Millionen Kronen zum Zwecke hat. Derselbe umfasst:

1. Die Verbesserung bestehender Wasserstrassen.

Kanäle. Für Kanäle zwischen Dünkirchen und der Schelde und für den Deule- und Aire-Kanal, ferner die Vergrösserung des Kanales „du Midi".

Seine. Verdoppelung einiger Schleusen und Verbesserung des Fahrwassers der unteren Seine von Paris bis Rouen.

Rhône. Fortsetzung der Regulirungsarbeiten an der Rhône zwischen Lyon und dem Meere.

Regulirung der Garonne auf 50 km.

2. Bau neuer Wasserstrassen.

Chiers-Kanal zur Verbindung von Dünkirchen und dem Kohlengebiet des Nordens mit dem Erzgebiete von Longwy. Länge 85 km, zu ersteigende Höhe 100 m, Wassertiefe 2,20 m, Sohlenbreite 11 m.

Bild 294. Der Kanal „des deux mers".

Schelde-Maas-Kanal zur Verbindung von Dünkirchen mit den Erzgebieten des Ostens. Länge 154 km, zu ersteigende Höhe 220 m, Wassertiefe 2,20 m, Sohlenbreite 11 m.

Zur Entlastung des Kanales von St. Quentin ein neuer Kanal von Arleux nach Péronne am Sommekanal, sowie der Ausbau des letzteren. Ein neuer Kanal von Ham am Somme-Kanal nach Noyou am Oise-Seitenkanal; zu ersteigende Höhe 168 m, Sohlenbreite 12 m, Schleusenlänge 38,5 m, Breite 5,2 m, Wassertiefe 2 m.

Verlängerung des Ourcq-Kanales, Vertiefung der Loire zwischen Nantes und Angers durch Niederwasser-Regulirung auf 1,20 m Mindestwassertiefe. Länge der Strecke 84 km.

Digitized by Google

Verlängerung des bestehenden Orleans-Kanals von Combleux bis Orleans. Kanal von Moulins nach Sancoins zur Verbindung der Allier mit der Scheitelhaltung des Berry-Kanals. Länge 49 km, Wassertiefe 2 m, Sohlenbreite 10 m.

Loire-Rhône-Kanal. Bei der Loire sind 220 m, bei der Rhône 337 m, zusammen 557 m Höhe zu überwinden. Länge 130 km, Wassertiefe 2,2 m, Sohlenbreite 10 m.

Endlich die Kanalprojekte von Marseille und von Cette zur Rhône.

3. Seehäfen.

Für Dünkirchen, Dieppe, Le Havre, Rouen, St. Nazaire, Nantes, Bordeaux, Bayonne, Cette und Marseille.

Die Trace des von den Franzosen geplanten grossen „Canal des deux mers", welcher, weil Gibraltar dadurch lahmgelegt erscheint, die herrschende Stellung Englands im Mittelmeere beeinträchtigen würde, ist im Bilde 294 ersichtlich.

Belgien. (Bild 295.) Belgien besitzt im Ganzen 2200 km Wasserläufe, wovon 500 km natürlich schiffbare, 200 km nur flössbare, 550 km kanalisirte Flussstrecken und 950 km Kanäle sind.

Der älteste Kanal ist der von Brüssel nach Rupel führende Willebroeck-Kanal. Der grösste Theil des belgischen Kanalnetzes stammt aus der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts und wurde hauptsächlich zur Versorgung von Brüssel, Gent, Antwerpen, Nordfrankreich und Paris mit Kohle aus den Becken von Charleroi und Mons angelegt. Die Kanäle stehen unter Verwaltung des Staates, nur 400 km unter jener von Gemeinden und Gesellschaften.

Die letzten Jahrzehnte erforderten für die Vertiefung und Verbreiterung der Kanäle grosse Auslagen. Hierdurch wurden 1500 km für 300 und 400 Tonnenschiffe nutzbar gemacht.

Der Schiffzug geschieht zum grössten Theile mit Pferden. Auf manchen Strecken ist derselbe vom Staate eingerichtet und beträgt die Gebühr, welche er hierfür einhebt, für 300 Tonnenschiffe 0,25 Heller für 1 tkm. Auf dem Kanal Brüssel-Rupel muss die Kettenschiffahrt, welche vom Staate errichtet ist, benutzt werden, deren Kosten für Schiffe von 300 t 0,20 Heller für 1 tkm beträgt.

Die Frachtkosten schwanken im Allgemeinen je nach den Abmessungen der Kanäle und der Jahreszeit zwischen 0,5 bis 2,5 Heller für das Tonnenkilometer.

Die Abgaben auf den staatlichen Kanälen betragen 0,45 Heller, auf den kanalisirten Flüssen 0,15 Heller für 1 tkm. Für leere Schiffe wird nichts bezahlt. Durch diese Abgaben deckt der Staat alle seine Betriebsausgaben und erübrigt eine mässige Verzinsung der verausgabten Bausummen.

Der Verkehr auf den Wasserstrassen ist ein lebhafter; auf den 1500 km langen Hauptlinien, für welche ein statistischer Nachweis veröffentlicht wird, betrug derselbe: 1897 = 815 Millionen tkm und 1899 = 880 Millionen.

In neuerer Zeit beschäftigt man sich mit verschiedenen Bauentwürfen und will in erster Linie die rücksichtlich der Verkehrszunahme bereits

Digitized by Google

unzureichend gewordenen Abmessungen der Kanäle entsprechend vergrössern.

Niederlande. (Bild 295.) Die natürlichen Flussläufe in den Niederlanden, insbesondere die Mündungen des Rheines, der Maas und der Schelde, sowie die diese nach allen Richtungen verbindenden Kanäle bilden ein ausserordentlich leistungsfähiges Wasserstrassennetz und die Grundlage des wirthschaftlichen Lebens der Niederlande. Die schiffbaren Ströme haben eine Länge von 2000 km, die Kanäle eine solche von 3300 km.

Die Anlage der künstlichen Wasserstrassen war mit Rücksicht auf die geringen Gefällshöhen, welche zu überwinden waren, eine ziemlich leichte. Ursprünglich wurden die Kanäle in den Niederungen nur zu Entwässerungszwecken angelegt und erst später auf denselben auch die Schiffahrt eingerichtet. Für viele Linien wurden alte Meeres- und Mündungsarme der Flüsse und Binnenseen verwendet, die den durch Wassergenossenschaften vereinigten Poldern zur Vorfluth dienen. Derart entstanden breite und tiefe Wasserstrassen, welche seit Jahrhunderten die Städte verbinden und auf welchen eine lebhafte Dampfschiffahrt unterhalten wird. So ist die Amstel beispielsweise bis 90 m breit und 2,3 m tief, die Spaarne 50 bis 250 m breit und 2,30 bis 3,50 m tief.

Die später erbauten Kanäle wurden eigens für die Binnenschiffahrt angelegt, wie der Merwede-Kanal und die zahlreichen kleineren Verbindungskanäle, während der Nordseekanal von Amsterdam nach Ymuiden und der Kanal von Terneuzen hauptsächlich dem Seeverkehr, der Nordholländische, der Walcheren- und der Südbeveland-Kanal aber sowohl der Binnen- als auch der Seeschiffahrt dienen.

Ausser diesen Fahrstrassen wurden zahlreiche kleinere Kanäle von Gemeinden und Gesellschaften ursprünglich nur zur Ausbeutung der Torfmoore angelegt und bilden nun 4000 km lange werthvolle Verkehrswege für kleine Fahrzeuge.

Die Flüsse und die Staatskanäle von Amsterdam zur Nordsee, von Lüttich nach Mastricht, der neue Mervedekanal, der Kanal von Südbeveland und die Seeschiffahrt auf dem Kanale Gent-Terneuzen ausgenommen, werden auf den übrigen Kanälen je nach dem Tonnengehalte der Schiffe mässige Abgaben erhoben.

Auf den Seekanälen und grossen Binnenkanälen wird Dampfschiffahrt betrieben, während die Schiffahrt auf den kleineren Binnenkanälen mittels Treidelns durch Menschen und Thiere, sowie durch Segelkraft bewerkstelligt wird. Den üblichsten Kanaltyp zeigt Bild 296, die übrigen Bauformen siehe Seite 243. Der Frachtsatz bewegt sich zwischen 0,30 und 0,60 Heller für das Tonnenkilometer.

In neuester Zeit sind grosse Arbeiten gemacht worden, um den Seeschiffen den unmittelbaren Zugang zu den Binnenhäfen zu ermöglichen. Insbesondere sind zu erwähnen die Verbindung von Rotterdam mit der See für Dampfer von 7,5 m Tiefgang mit einem Kostenaufwande von 65 Mill. Kronen und der Nordseekanal, welcher Amsterdam auf dem kürzesten Wege mittels eines 28 km langen Durchstiches der Dünenkette mit dem Meere

Digitized by Google

Bild 295.

Digitized by Google

verbindet und welcher einschliesslich der grossartigen Hafenanlage zu Ymuiden über 100 Mill. Kronen gekostet hat. Die Sohlenbreite dieses Kanales beträgt 27 m, die Tiefe 7 bis 8 m, die nutzbare Länge der Schleuse bei Ymuiden 215 m, die Breite 25 m und die Drempeltiefe 9,6 m.

Der Nordseekanal, sowie die für einen Zeitraum von 30 Jahren sich erstreckenden Arbeiten zur Abschliessung und theilweisen Eindeichung des Zuider-Sees sind im Bilde 297 dargestellt. Die Trockenlegung des Zuider-Sees umfasst die Herstellung eines rund 30 km langen mächtigen Abschlussdammes quer zum See nach Piaam und die am anderen Dammende herzustellenden Abwässerungs- und Schiffahrtsschleusen. Hierdurch plant man der Nordsee etwa 360000 ha abzuringen, wovon in 4 Poldern etwa 230000 ha nutzbar gemacht und 130000 ha Wassergebiet blieben, welches mit der Zeit Süsswasser werden und zur Speisung der wasserarmen Marschen verwendet werden würde.

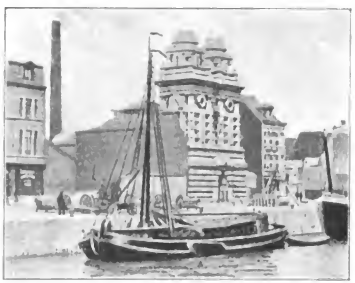


Bild 296.

England. (Bild 298 und 299.) England besitzt ein dichtes Wassernetz von 6100 km Gesammtlänge. Hiervon entfallen 3300 km auf natürliche Wasserläufe, 800 km auf kanalisirte Flüsse und 2000 km auf Kanäle.

Die Binnenschiffahrt ist durch gleichmässig vertheilte Niederschlagsmengen und milde Winter, sowie auch durch vortheilhafte Küstenbildung begünstigt.

Die Wasserwege vertheilen sich auf die Flussgebiete der Themse, des Witham, des Trent, der Ouse, des Mersey und des Severn.

England hat schon in alten Zeiten mit dem Bau von Wasserstrassen begonnen, die ersten Regulirungsarbeiten reichen bis in das XIV. Jahrhundert zurück. Der Staat selbst hat sich jedoch mit dem Bau von Kanälen nicht befasst, sondern dieses immer nur den betheiligten Interessenten überlassen.

Die erste künstliche Wasserstrasse ist durch die Schiffbarmachung des Flusses Medway 1664 entstanden. Der erste Kanal Englands war der 1761 fertiggestellte Bridgewater-Kanal, welcher von dem gleichnamigen Herzog zur Verbindung seiner Kohlengruben in Worsley mit Manchester angelegt wurde. Durch diesen Kanal fiel damals der Kohlenpreis in Manchester um 40 pCt., worauf der Herzog den 42 km langen Kanal zwischen Manchester und Liverpool und daran anschliessend die Kanäle durch Lancaster bis nach Wigan und Preston erbauen liess.

Angeregt durch die hierbei erzielten Erfolge verlegte man sich nun allgemein auf den Kanalbau und wurden bis zum Jahre 1800 nicht weniger als 68 Kanallinien eröffnet, welche die Verbindung zwischen den Flüssen Trent,

Digitized by Google

Humber, Severn und Mersey herstellten. Diesen Bauten folgte in grösseren Abmessungen der Kanal vom Forth zum Clyde, zur Verbindung der Küsten Schottlands. Eine gleich günstige Entwicklung nahm der Kanalbau in Irland, dessen Wasserläufe und Häfen Dublin, Waterford, Limerick und Londonderry durch Binnenwasserwege miteinander verbunden wurden.

In der späteren Eisenbahnzeit stockte der Kanalbau Englands und hörte 1830 gänzlich auf. Die Eisenbahngesellschaften erwarben, um sich höhere Frachtsätze zu sichern, die grösseren Kanalwege und setzten manche ganz ausser Betrieb, oder aber sie hoben derartige Abgaben ein, dass der Kanalverkehr nicht mehr lohnend erschien.

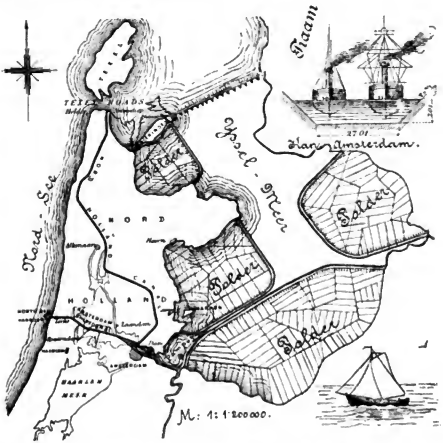


Bild 297. Der Amsterdam-Nordsee- und der Nordholländische Kanal.

(Trockenlegung des Zuider-Sees.)

In England werden heute für die Kanalschiffahrt Abgaben nach den verschiedensten Grundsätzen, jedoch in zulässiger Höhe eingehoben.

Die Abmessungen der englischen Kanäle sind nicht gross. Die Schleusenweiten betragen zwischen 2,20 bis 5,10 m, die Tragfähigkeiten der Kanalboote von 20 bis äusserst 250 t.

Geographisch zerfallen die natürlichen und künstlichen Wasserstrassen Englands in sechs Gruppen, wovon fünf mit weiten Meeresbuchten im Zusammenhange stehen: Im Osten die Gruppe der Themse mit dem Nebenfluss Lea; weiter nördlich die Gruppe des Wash, in welche die Witham, Welland und Ouse münden; ferner die Humberbucht mit dem Derwent, Aire, Calder und Trent; im Westen die Severnbucht mit dem Wye und Avon; nördlich

Digitized by Google

davon die Merseybucht. Die sechste Gruppe umgiebt das industriereiche Birmingham. Die übrigen vereinzelten, zur Küste führenden oder dieser entlang laufenden Kanäle sind für den Transport nur von untergeordneter Bedeutung.

Zwischen der Themse einerseits und der östlichen Humber- sowie der westlichen Mersey-Gruppe anderseits bildet der Grand Junction-Kanal die

Bild 298.

bedeutendste Verbindung. Mit Birmingham steht das Netz in Verbindung durch die Oxford-, Warwick and Napton-, Warwick and Birmingham-Kanäle und den Birmingham and Warwick Junction-Kanal, nordöstlich mit Leicester durch den Grand Union- und den Leicester and Northamptonshire-Union-Kanal, sowie mit der Trent durch die Leicester-Schiffahrt und den Longhborough-Kanal.

Die zu dem Meeresarm Wash führenden Wasserstrassen sind durchwegs natürliche. Nur ein schmaler Seitenkanal vereinigt Northampton mit dem

Digitized by Google

Grand Junction-Kaalsystem, während die Witham und Fossdyke-Schiffahrt die Verbindung mit dem Trentflusse herstellt.

Die Ouse-Kanäle sind in vernachlässigtem Zustande, während die Kanäle der Humber-Bucht grössere Abmessungen aufweisen. Eine lebhafte Schiffahrt besteht auf dem Aire und Calder, welche mit dem Leeds- und Liverpool-Kanal die Verbindung zur Merseybucht bilden. Ein zweiter Weg durch den Calder und Hebble-, den Rochdale- und den Bridgewater-Kanal verbindet die beiden Flüsse Air und Calder mit Liverpool und eine dritte Verbindung bilden endlich die Huddersfield-, Ashton-Rochdale- und Bridgewater-Kanäle.

Bild 299. Der Caledonian-Kanal.

Die Kanalverbindung zwischen der Severn-Bucht und der Themse geschieht einerseits durch den Stroudwater- und den Themse-Severn-Kanal, anderseits durch die Flüsse Kennet, Avon und den zwischen diesen liegenden gleichnamigen Kanal. Die Kanäle in der Umgebung von Birmingham haben alle sehr geringe Abmessungen und befinden sich zum grossen Theile im Besitz von Eisenbahngesellschaften.

Zur Mersey-Bucht gehören die Weaver-, Mersey-, Trent- und Shropshire-Union-Kanäle. Das bedeutendste Glied dieser Gruppe ist der Manchester-Schiffskanal, welcher neben dem Mersey-Fluss laufend, eine für Seeschiffe

Digitized by Google

fahrbare Strasse von 7,93 m Tiefe und 36,6 m Sohlenbreite zwischen Manchester und Liverpool bildet. Der Höhenunterschied zwischen diesen beiden Endpunkten beträgt 18 m (siehe auch Seite 150).

Die Binnenkanäle haben zumeist Schleusen mit geringem Gefälle und kleinen Abmessungen. Der der London and North-Western-Railway gehörige Shropshire-(Kohlenhafen)-Kanal von Tweedale nach Coalport hat anstatt der Schleusen eine geneigte Ebene eingefügt, auf welcher die Boote auf den Wagen einer doppelgeleisigen Eisenbahn geführt werden. Die von der Grand-Junction Canal Co. behufs Umgehung von 10 Schleusen bei Foxton hergestellte doppelgeleisige geneigte Ebene siehe Bild 105 Seite 178.

Der Kanalbetrieb wird in England zum grössten Theile mit Pferdezug ausgeübt. Auf den See- und grösseren Binnenkanälen ist jedoch der Schleppzug mittels Dampfer vorherrschend. Die Seekanäle, deren Verkehr in steter Zunahme begriffen ist, haben technisch vollendete Anlagen für den Güterumschlag von Wasser zu Land.

Im Durchschnitt betragen die Betriebskosten auf den englischen Wasserstrassen einschliesslich einer mässigen Verzinsung des Baukapitals 1,30 bis 1,50 Heller für 1 tkm. Die Zugskosten auf der Themse 0,60 Heller und bei der Aire- und Calder-Schiffahrt (siehe Seite 410) 0,50 Heller für 1 tkm.

Englisches Kanal-Tarifgesetz. Die Tarife für die im Besitze der Eisenbahngesellschaften befindlichen Kanäle wurden allgemein bis in die neueste Zeit sehr hoch gehalten, wodurch man den Verkehr auf vielen Kanälen zu Gunsten der Bahnlinien niederhielt. Im Jahre 1893 wurde deshalb, nachdem man alle Verkehre und Kanaltarife einer eingehenden Untersuchung unterzogen hatte, vom Staate ein „Tarifgesetz" erlassen, welches, um das Wiederaufblühen des Wasserverkehres zu ermöglichen, Bestimmungen enthält, um die Benutzung der Wasserstrassen vor der Erhebung zu hoher Abgaben zu schützen und die Eisenbahngesellschaften daran zu hindern, solche Tarife aufzustellen, die geeignet sind, den Verkehr der Kanäle zu ruiniren. Der Betrieb und die Verwaltung der Wasserstrassen sind unter eine geregelte Aufsicht der Staatsbehörden gestellt und strenge Strafen auf die Uebertretung der gesetzlichen Vorschriften gelegt.

Ueber den Verkehr auf den englischen Kanälen und über deren Verzinsung ist Zuverlässiges nicht bekannt. Bei der Eröffnung des Schiffahrts-Kongresses 1890 in Manchester wies der Minister Hicks-Beach darauf hin, dass der Verkehr der Kanäle Englands 10000 t auf eine englische Meile gegen jenen der Eisenbahnen von 14000 t betrage und dass, wenn der Kanalverkehr nicht noch bedeutender sei, die Eisenbahnen durch den Ankauf der Kanäle und durch ihre Tarifgebahrung die Schuld daran trügen, wodurch das allgemeine wirthschaftliche Wohl Englands bedeutenden Schaden leide.

Schweden und Norwegen. (Bild 300.) Schweden besitzt an seinen Binnenseen und deren Abflüssen zum Kattegat und zur Ostsee ein für das Land ausserordentlich wichtiges Verkehrsnetz.

Die Kanalisirungen dieser Abflüsse waren oft sehr schwierig, weil die Aufstauungen des Wassers durch grosse Kunstbauten in Felsen, welche die von

Digitized by Google

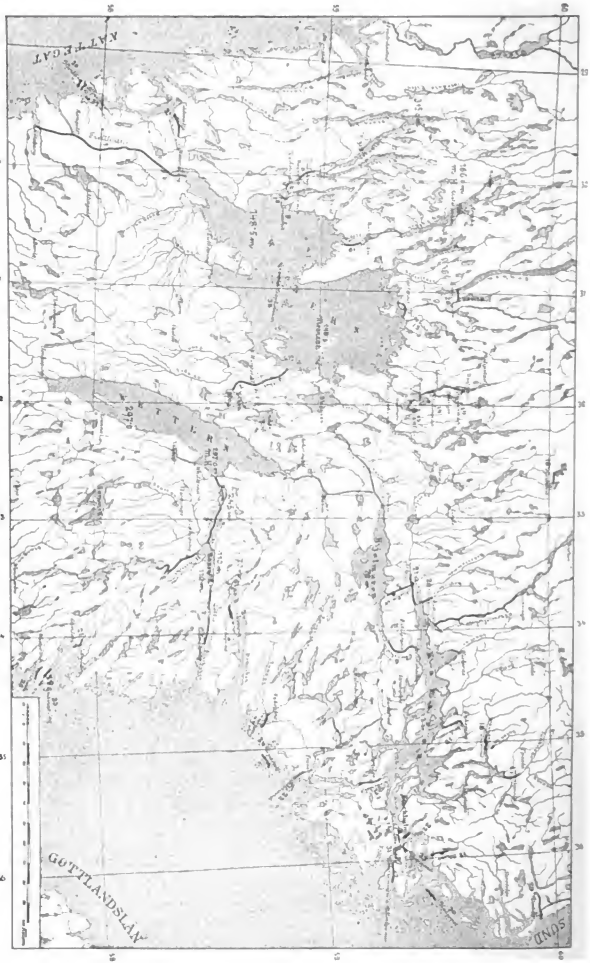


Bild 300.

1 Trollhätta, 2 Götha, 3 Södertelje, 4 Stockholm, 5 Hjelmar, 6 Thorshälla, 7 Strömsholms, 8 Dalstand, 9 Snäcka, 10 Seffle, 11 Kinda, 12 Akers, 13 Forsbaga, 14 Philipstand, 15 Kuapfors, 16 Hörkens, 17 Upsala, 18 Öresund, 19 Enköping, 20 Köping, 21 Arbaga, 22 Pätsund, 23 Nyköping, 24 Norrköping, 25 Gamleby, 26 Vestervik, 27 Uddevalla, 28 Fryks-Seen, 29 Vaddö, 30 Kodjupest, 31 Kolströmmen, 32 Karlsberg, 33 Djuvgard, 34 Draget, 35 Granso, 36 Hjerto, 37 Albrechtsund, 38 Aspholmen.

Digitized by Google

Natur gegebenen Wasserfälle benutzten, hergestellt werden mussten. Durch dieselben wurden jedoch weite Seen und Flussstrecken aufgeschlossen, so dass der kilometrische Herstellungspreis der ganzen Wasserstrasse dennoch ein geringer war.

Die Fahrlänge aller Wasserstrassen Schwedens veranschlagt man auf 1800 km, hiervon sind 380 künstlich geschaffen. Die Länge der von diesen aufgeschlossenen Seewege und Flussläufe beträgt jedoch mehr als 5000 km.

Die Kanäle haben nicht nur vom Standpunkte des Verkehres eine grosse Bedeutung, sondern sie liefern auch die Wasserkräfte für die an denselben angesiedelten zahlreichen Industrien.

Die Hauptwasserstrasse Schwedens ist die Verbindung der Nord- mit der Ostsee durch den Trollhätta- und Götakanal. Ersterer bildet den westlichen, letzterer den südlichen Ausgang für die vielen natürlichen und künstlichen Wasserstrassen im Gebiete des Wener- und Wettersees. Von den vom Wettersee ausgehenden Wasserstrassen ist der Dalstandkanal darum besonders erwähnenswerth, weil er trotz seiner Kürze sieben Binnenseen verbindet und eine Wasserstrasse von 250 km erschliesst. Im Osten Schwedens ist der Hjelmar- und der Strömsholmskanal von grosser wirthschaftlicher Bedeutung. Ersterer verbindet zahlreiche Industrieen mit dem Meere, letzterer reicht in das reichste Bergbaugebiet Schwedens.

Der bedeutendste Kanal Norwegens ist der im Jahre 1892 fertiggestellte Bandakkanal in Telemarken, welcher bei Ulefos beginnt und den 57 m betragenden Höhenunterschied des Wasserstandes der Nordsee und der Bandaksvand mit 17 Schleusen überwindet. Bei Braingfos mit 33 m Höhe sind sechs Schleusen hintereinander zur Ausführung gekommen. (Siehe Bild 77, Seite 142.)

Die schwedischen Wasserstrassen sind sämmtlich von Privatgesellschaften oder von Gemeinden erbaut, wozu aber der Staat reichliche Geldmittel beigetragen hat.

Die Abgaben werden je nach der Wichtigkeit der Kanalanlage in verschiedener Höhe eingehoben, jedoch sieht der Staat darauf, dass dieselben nicht zu hoch bemessen sind.

Der Verkehr geschieht hauptsächlich mittels Dampfer und Segelschiffen. Besonders auf den Seen ist eine lebhafte Dampfschiffahrt vorhanden. Die grosse Flösserei, welche für die Hauptausfuhr Schwedens, für Schnittholz, betrieben wird, bewegt sich nicht auf den Kanälen, sondern über die Wildwässer, welche neben diesen laufen.

Russland. (Bild 301.) Die schiffbaren Wasserstrassen des europäischen Russlands vertheilen sich auf das nördliche Eismeer, die Ostsee mit den dazu gehörigen grossen Seen und die in dieselbe mündenden Flüsse Dwina, Windau, Njemen und Weichsel, sowie auf das Schwarze, Azow'sche und das Kaspische Meer. Die Gesammtlänge der flöss- und schiffbaren Wasserstrassen Russlands in Europa, Finnland ausgenommen, beträgt 83 010 km, von welchen 33 650 km schiffbare Flüsse und Binnenseelinien, 1850 km Kanäle und kanalisirte Flüsse sind. 15 400 km dienen nur zur Thalfahrt für kleine Fahrzeuge durch Stromantrieb und 29 000 km sind flössbar. Dampfschiffbetrieb besteht

Digitized by Google

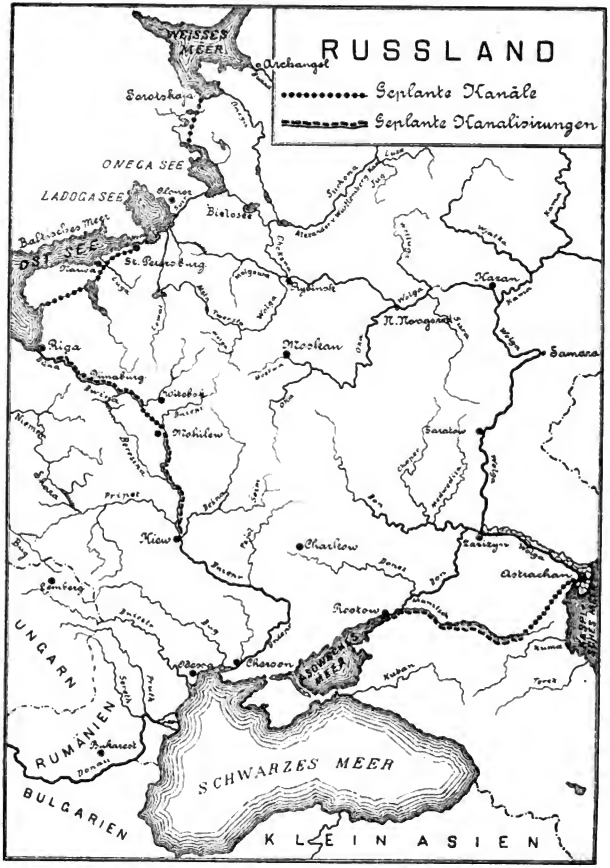


Bild 301.

Digitized by Google

auf 28 000 km und 3200 km Flusslängen sind regulirt. Im Ganzen verfügt Russland über 860 Ströme und Flüsse, 39 Seen und 38 Kanäle.

Die zumeist ebene Bodengestaltung, der Wasserreichthum und die verhältnismässig geringe Entfernung der Ströme von einander haben es ermöglicht, dieselben unschwer durch kurze Kanalstrecken zu verbinden, und derart ein ununterbrochenes, leistungsfähiges Wasserstrassennetz zu schaffen. In diesem unterscheidet man eine östliche und eine westliche Zone. Die östliche bildet die Verbindungen zwischen dem Kaspischen Meere, dem Eismeer und der Ostsee, die westliche die Verbindung zwischen dem Schwarzen Meere und der Ostsee.

Die wichtigsten Wasserstrassen der östlichen Zone sind jene, welche die Wolga mit der Newa verbinden. Zu dieser gehören:

Das Marien-System, welches aus 845 km durch 370 km Kanäle miteinander verbundenen Flussstrecken und 305 km Seitenkanälen besteht, die mit den Bieloje-, Onega- und Ladoga-Seen in Verbindung sind und diese, weil sie oft sehr stürmisch und lange mit Eis bedeckt sind, parallel umgehen. Die Mariengruppe erstreckt sich von Rybinsk an der Wolga bis zur Newa und wurde 1896 für 500 Tonnenschiffe umgebaut.

Das Flusssystem Tichwin, welches von der Wolga bis zum Ladogasee reicht und eine Reihe von Flüssen und Seen miteinander verbindet. Seine Länge beträgt 750 km, in welchen 241 km künstliche Wasserstrassen enthalten sind.

Die Flussgruppe Wischny-Wolotschok, welche durch den Tweren-Fluss den südöstlichen Verbindungsweg zwischen der Wolga und der Newa bildet. Von ihren 868 km sind 49 km die älteste künstlich angelegte Wasserverbindung zwischen dem Baltischen und dem Kaspischen Meere, welche 1702 Peter der Grosse erbauen liess.

Die beiden letzteren Systeme haben ungenügende Abmessungen und Wassermangel und sind deshalb von geringerer Bedeutung als die Marien-Gruppe. Alle drei Flusssysteme schaffen zwischen Astrachan und Petersburg eine Schiffahrtsstrasse von 3932 km Länge. Ausser diesen Gewässergebieten besteht noch eine Verbindung des Weissen Meeres mit dem Kaspischen, welche von Archangelsk am Weissen Meere ausgehend bis an die Mariengruppe reicht und 1393 km lang ist.

Die wichtigsten Theile der westlichen Zone sind: Das Flusssystem der Berezina, welches den Dnjepr mit der westlichen Dwina verbindet, 654 km lang ist und in welchem ein Scheitelkanal und eine kanalisirte Strecke von 168 km liegen; das Ogninskysystem, welches den Dnjepr, Pripet, die Skara und den Njemen verbindet, 343 km lang ist und einen Scheitelkanal von 19 km hat; das Dnjepr-Bugsystem, welches durch die Flüsse Dnjepr, Pripet, Puma, Bug und Weichsel das Schwarze Meer mit der Ostsee verbindet und dessen Flussstrecken zum Theile mit einem 26 km langen Scheitelkanal vom Dnjepr zum Bug kanalisirt sind, und endlich die Augustow-Wasserstrassen zwischen Njemen und Weichsel, welche 102 km lang sind.

Russische Binnenflotte. Die Wasserstrassen Russlands sind im Jahre $3^1/_2$ bis $5^1/_2$ Monate durch Eis gesperrt, auf manchen Strecken ist die Schiffbarkeit

Digitized by Google

durch Stromschnellen behindert, dagegen sind günstige Sommerwasserstände und nur geringe Hochwässer zu verzeichnen. Die Schiffahrt geschieht ausser durch Treideln mit Menschen oder Zugthieren durch eine im grossen Aufschwunge befindliche Dampfschiffahrt. Der erste Binnendampfer verkehrte 1821 auf der Wolga. 1850 betrug die auf allen Flüssen und Binnenseen verkehrende Dampferzahl 99, welche bis 1898 auf 3040 mit 520000 i. HP stieg. Diese Flotte besteht aus 1000 Schraubenbooten und 2040 Raddampfern, darunter 600 für die Personenbeförderung, 290 Frachtdampfer, 1860 Zugdampfer, 23 Kettendampfer und 267 verschiedene kleine Bugser, Fähren sowie staatliche Dienstschiffe. Die Zahl der Schleppe, Ruderschiffe und Segler betrug 1898 20580 mit einem Gesammttragvermögen von 8624000 t, darunter 8000 mit Tonnengehalten von über 400 bis 1600.

Wolgaschiffahrt. Russland besitzt in der Wolga, dem Ural, Don, Dnjepr, der Kama, Petschora und Dvina 7 der grössten Ströme Europas, von welchen erstere der für Russland wichtigste Strom und gleichzeitig der wasserreichste Europas ist.

Die Wolga entspringt im Waldaigebirge, etwa 350 km vom Finnischen Meerbusen in der Nähe der Düna, durchfliesst mehrere kleine Seen und wird nach Aufnahme der Selisharowka für kleine Fahrzeuge fahrbar, jedoch erst ab Twer, 447 km unterhalb dem Ursprunge, allgemein schiffbar.

Ihr oberer Lauf geht anfangs zwischen hohen Ufern in südöstlicher Richtung und dann in einem 1700 km langen Mittellaufe durch ein wellenförmiges Tiefland. Unterhalb Kasan nimmt die Wolga ihren grössten Nebenfluss, die Kama, auf, worauf sie in ein Steppengebiet eintritt, in welchem der Strom in mächtiger Ausdehnung zwischen niedrigen Ufern langsam und in vielen Armen gespalten zwischen Sand-, Sumpfinseln und unendlichen Schilfgründen dahinfliesst und sich 74 km unterhalb Astrachan in einem 110 km breiten Delta mit 8 Haupt- und 20 kleineren Mündungsarmen in das Kaspische Meer ergiesst.

Die Gesammtlänge der schiffbaren Wolga beträgt 3288 km. Das Stromgebiet der Wolga umfasst 1458900 km². Das ganze Gefälle des Stromes beträgt 239 m.

Wolga	Gefälle	
	für 1000 mm	für die Strecke m
Vom Ursprung bis Twer (Cheksnamündung) 447 km	206	92
Von Twer bis Nischni-Novgorod (Okamündung) 842 km	67	56
„ Nischni-Novgorod bis z. Mündung der Kama 480 km	65	31
„ Kama bis Saratow 964 km	36	34
„ Saratow bis Zarizyn 246 km	56	15
„ Zarizyn bis Jenotajewsk 600 km	10	6
„ Jenotajewsk bis Astrachan 156 km	37	5
3735 km		239 m

Digitized by Google

Bei Twer ist die Wolga gegen 200 m, bei der Mündung der Molgowa 500 m, unterhalb der Kama 1500 m und nach der Okamündung nahezu 8 km breit, Die Tiefen sinken bei Niederwasser im oberen Laufe bis 1,10 m, im mittleren Laufe sind zumeist ausreichende Fahrtiefen, während die grossen Sandbänke des Unterlaufes das dort tiefe Strombett oft bis 1,50 m verseichten. Ungefähr 200 Tage im Jahre ist die Wolga eisfrei. Zur Zeit der Schneeschmelze treten in dem sonst ruhig dahinfliessenden Strombette starke Ueberschwemmungen ein, welche bisweilen die Krümmungen durchbrechen und neue Flussbette schaffen. Diese Nebenarme des Hauptstromes und seine kleinen Uferseen bilden die Sicherheitshäfen und Landungsplätze der Schiffahrt.

Die Wolga führt ausserordentlich viel Geschiebe, hauptsächlich Sand und Schlamm, welche den Strom im Mündungsgebiete immer mehr auflanden. Insbesondere störend für die Schiffahrt sind die sogenannten Perekaty, flache grosse Sandbänke, welche den Strom durchqueren und den Verkehr zeitweilig unterbrechen.

Unter den zahlreichen Nebenflüssen der Wolga sind die wichtigsten die Oka, Sura, Molgowa, Cheksna, Kostroma, Unsha, Wjatka, Wetluga, Kama und Samard. Die gesammten zum Wolgabassin gehörigen Gewässer werden auf 43000 km veranschlagt, wovon 11500 km schiffbar sind. Hiervon entfallen auf:

	Länge	schiffbar	Dampfschiffbetrieb
die Wolga	3735	3288	2900
„ Kama	1880	1200	1200
„ Oka	1500	1200	1000

Unter den Kanalverbindungen des Wolgabassins sind die drei Kanalsysteme von Wischny-Wolotschok, des Tichwin- und der Mariengruppe die wichtigsten, welche die Verbindung mit Petersburg bewirken; ferner der Kanal des Herzogs von Württemberg, welcher die Wolga mit der Dwina vereinigt. Mit dem Weissen- und dem Eismeere ist die Wolga durch ihre Nebenflüsse, die Kama und Keltma, den 18 km langen Katharinenkanal und der nördlichen Dwina verbunden.

Am Wolgastrome wird eine staatliche, streng geregelte strompolizeiliche Aufsicht ausgeübt. Die Fahrstrasse ist an allen seichteren Stellen während des Tages mit Bojen, während der Nacht mit rothen und weissen Lichtern bezeichnet, so dass auf derselben ein ununterbrochener Betrieb unterhalten werden kann. So ist es möglich, dass die Personenschiffe die 2446 km lange Strecke Nishni-Novgorod bis Astrachan in 5 Tagen befahren. Der Wasserschaudienst ist dadurch besonders praktisch eingerichtet, dass dem Schiffer die jeweilig vorhandenen Wassertiefen durch weithin sichtbare Markirungen, bestehend aus auf hohen Stangen angebrachten viereckigen Tafeln oder grossen und kleinen Kugeln am Ufer angezeigt werden. Der Wolgadienst soll der russischen Regierung jährlich 1 Mill. Rubel kosten.

Die Anzahl der Wolgadampfer, zumeist Schaufelradschiffe, wird mit 1100 angegeben. Unter denselben sind Frachtdampfer von 87 m Länge, 8,6 m Breite und 1000 t Bordlast. Der stärkste Wolgazugdampfer ist der „Knaz Kosolsky“ mit 2000 i. HP. und der grösste Personendampfer der „Feldmarschall Suwaroff“ mit 87 m Länge, 10,7 m Breite und 1600 i. HP. Die

Digitized by Google

Bauart der sehr eleganten und bequemen Personendampfer ist dreistöckig, der Schiffskörper und das Verdeck dienen als Mannschafts-, Brennmaterial- und Laderaum, das erste Stockwerksdeck für die Passagiere III. Klasse und für Eilgüter und das zweite Promenadendeck für die Passagiere I. und II. Klasse. Auf der Cheksna und im Oberlaufe der Wolga besteht ein Tauereibetrieb mit 23 Kettenschiffen.

Als Heizmaterial verwenden die Dampfer grösstentheils Erdölrückstände, Astatki, welches einen sehr wohlfeilen automatischen Kesselbetrieb ermöglicht. Das Astatki wird von mittschiffs eingebauten Tanks durch eine Rohrleitung in die Kesselfeuerung geleitet und dort durch Dampfdüsen zerstäubt zur Verbrennung gebracht. Das Füllen der Schiffsbehälter geschieht in der Weise, dass der Dampfer sich an die Bordseite des Naphtakahnes stellt, von dessen hochgebauten Behältern das Erdöl mittels geneigt gestellter Holzrinnen in die Tanks der Dampfer geleitet wird. Die Naphtakähne pumpen das Erdöl wieder aus den Landreservoiren ein.

Noch im Jahre 1840 war auf der Wolga ein eigenartiger Bergseilzug in Uebung. An einem vor das Zugschiff geführten Ankerseil wurde dasselbe mittels einer am Schiffe befindlichen, oft von 80

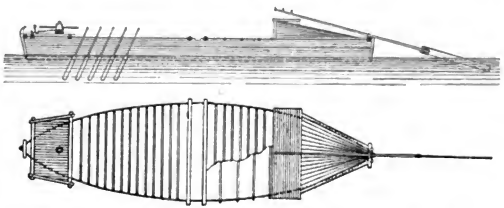


Bild 302. Barke (Barja) auf der Wolga und dem Dnjepra mit 500 Tonnen Tragfähigkeit.

Pferden angetriebenen Göpelvorrichtung aufgewunden und während dieser Zeit von einem Boote ein zweites Seil mit Anker vorausgeführt, welcher nun, wenn das Schiff den ersten Anker erreicht hatte, als weiterer Stützpunkt zum Aufwärtswinden des Zugschiffes sammt Anhang diente.

Die Anzahl der meist aus Holz gebauten Wolgafrachtkähne wird mit 15000 beziffert. Von denselben sind die hölzernen schweren Ruderschiffe Barscha und Polubarscha typisch, deren Tragfähigkeit bis 3000 Tonnen steigt. Erstere sind 98 m lang, 11 m breit und haben einen Tiefgang bis 2,8 m, während die Polubarscha 64 m lang, 8,5 m breit und vollbeladen 2,10 m tief tauchen. Eiserne Schleppe sind nur wenige vorhanden, selbst die Naphtaschleppe werden aus Holz erbaut.

Die übrigen Ruderschiffe haben die verschiedensten Formen und Tragvermögen von 10 bis 1600 Tonnen: Die aus Holz gebauten Mokchana mit ganz flachem Boden und fast viereckigem Querschnitte nehmen 200 bis 240 Tonnen, die mit einem Dache versehenen Ruderschiffe Kolomenka

Digitized by Google

300 Tonnen, die grossen, meist für eine Thalfahrt aus Holz zusammengefügten Bauwerke Béliána verkehren nur bei höherem Wasserstande und nehmen hauptsächlich Holz bis zu 5000 Tonnen und die aus Holz oder Eisen sorgfältig gebauten Chkouna und Barja haben einen Gehalt bis 1000 Tonnen.

Bild 302 zeigt eine hölzerne Barja mit den in Russland üblichen, am Bug und Achter aufgesetzten Plattformen.

Der Wolgaverkehr bezifferte sich im Durchschnitte der Jahre 1889 bis 1893 auf rund 10 Millionen Tonnen, von welchen 7 mit Dampfern und Kähnen und 3 auf Flössen befördert wurden. Die grösste Masse der Waaren besteht aus Holz, Getreide, Naphta und Salz. Der Bergfrachtsatz beträgt von Astrachan nach Rybinsk 0,50 bis 0,70 Heller für 1 tkm, welcher sich von Rybinsk bis St. Petersburg mit Rücksicht auf die grösseren Stromerschwernisse auf 2 Heller erhöht. Die Thalfahrten sind erheblich billiger.

Den grössten Verkehr nächst der Wolga und dem Kaspischen Meere hat die bei Petersburg in den finnischen Busen mündende Newa, welche 750 m breit ist und eine geringste Tiefe von 2,20 m hat.

Der Gesammtverkehr aller russischen Flüsse und Kanäle beträgt über 32 Millionen Tonnen mit einer durchschnittlichen Beförderungsweite von mehr als 1000 km. Von diesem Verkehre entfällt die Hälfte auf das Gebiet der Wolga, 20 pCt. auf jenes der Newa, 15 pCt. auf das des Dnjepr und auf alle übrigen Wasserstrassen 15 pCt. Der Bahnverkehr wird dagegen auf nahezu 100 Millionen Tonnen mit einer mittleren Beförderungsweite von 250 km geschätzt. Die Frachtsätze schwanken auf den Wasserstrassen ganz bedeutend, steigen aber im Mittel nicht über 1,50 Heller für 1 tkm. Dagegen vereinnahmen die Bahnen im Durchschnitte pro tkm 2,80 Heller.

Die russischen Wasserstrassen werden vom Staate angelegt, unterhalten und verwaltet, für deren Benutzung er einen Werthzoll in der Höhe von $^1/_4$ pCt. des Waarenwerthes einhebt. Ferner wird noch für den auf schwierigen Flussstrecken vom Staate aufgestellten Lootsendienst eine mässige Gebühr eingehoben.

Ausser diesem gewaltigen Wassernetze besitzt Russland noch in Finnland künstliche Wasserstrassen, deren wichtigste der Kanal vom Saima-See zum finnischen Meerbusen ist. Seine Länge von Willmannsstrand am Saima-See bis Viborg am Ufer der Ostsee beträgt 58 km. Die Schiffahrt auf demselben mit bis 260 Tonnenschiffen ist sehr lebhaft.

Endlich verfügt das russische Reich in Sibirien im Ob, Jenissei, Lena und Amur über mächtige Ströme, welche in Zukunft durch Kanäle in grossen Abmessungen unter einander verbunden, den grössten Binnenwasserweg der Welt darstellen werden. Ein 8 km langer Kanal genügt, um die Zuflüsse des Ob mit dem Jenissei zu verbinden, wodurch eine ununterbrochene Strasse von Tumere bis Irkutsk von 5400 km Länge entsteht. Von hier fehlen nur noch etwa 600 km bis zur Grenze von China. Auf 4500 km Länge des Flussgebietes des Amur hat die russische Regierung bereits mit Stromverbesserungsarbeiten begonnen und es verkehren auf ihm heute schon 70 Dampfer mit 4000 ind. HP und 150 Schleppe mit zusammen 28 000 Tonnen Tragfähigkeit.

Digitized by Google

Russische Kanalbauentwürfe. Russland beschäftigt sich derzeit mit grossangelegten Bauentwürfen, worunter die geplante Verbindung des Baltischen mit dem Schwarzen Meere von Riga nach Cherson, ferner die Verbindung des Azow'schen mit dem Kaspi-Meere und endlich weitere Anschlüsse der Weichsel, Njemen und Windau miteinander die wichtigsten sind.

Die Verbindung von Riga mit Cherson wird 1599 km betragen. Der höchste Punkt wird die Mündung der Berezina mit 121 m Höhe sein. Der Kanal wird bei 60 m Breite die Tiefe für Seeschiffe erhalten und soll mit einem Kostenaufwande von 200 Millionen Rubel innerhalb sechs Jahren fertiggestellt werden. Nach Fertigstellung dieses Kanales können tiefgehende Seeschiffe aus der Ostsee in das Schwarze Meer und nach Port Said gelangen, bis Cherson mit einer Wegverkürzung von 6800 km oder 82 pCt., bis Port Said mit einer Abkürzung von 3900 km oder 51 pCt.

Gleichzeitig soll ein Kanal von Petersburg zum neuen Kriegshafen Sorotskaja am Weissen Meere gebaut werden. Er wird eine Tiefe von 9 m, eine Breite von 60 m und eine Gesammtlänge von 963 km erhalten. Davon entfallen 473 km auf vertiefte Flüsse und 490 km auf die dortigen vier Seen. Die Newa wird mit 55 km Länge den ersten Abschnitt des neuen Kanales von Petersburg bis zum Ladoga-See bilden. Dieses weite Binnenmeer wird südlich bis zur Mündung des Swirflusses, der die Verbindung mit dem Onega-See darstellt, gekreuzt. In diesem geht es dann nach Norden durch einen neu zu grabenden Kanal zum Segosero-See, welcher durchquert wird und eine Verbindung zum Wygosero-See bekommt. Von diesem zieht der Kanal im Wygfluss nach Sorotskaja, dem grossen neuen Kriegshafen am Weissen Meere. Diese Wasserstrasse ist ein Riesenwerk und wenn auch die meisten Verbindungen schon von Natur aus vorhanden sind, so müssen dieselben doch vollständig umgestaltet werden. Selbst die Newa ist stellenweise nur 3 m tief.

Was den Azow-Kaspi-Seekanal betrifft, so wird dieser bei Taganrog am Azowschen Meer beginnen, mit dem Donflusse bis Rostow führen, sodann durch das Manytschthal streichen und bei Sagansk in das Kaspimeer gehen. Um den Schiffen die seichten Wolgamündungen zu ersparen, ist ein unmittelbarer Anschluss vom Kaspimeer zur Wolga in der Richtung auf Astrachan geplant.

Endlich bestehen noch Projekte für Kanäle vom Ladogasee und vom Onegasee zur Wolga und von der Wolga zum Don, so dass das weisse Meer mit der Ostsee, mit dem schwarzen Meere und dem Kaspisee und somit alle das europäische Russland umgebenden Meere und Seen untereinander und mit den Binnenseen durch Kanäle grösster Abmessungen verbunden sein werden.

Solche Pläne bekunden den richtigen Blick der russischen Staatsverwaltung für grosse Verkehrsverhältnisse und das Bestreben derselben den Weltverkehr an sich zu ziehen. Russland aber wird durch diese mächtigen Wasserstrassen auch seine Wehrkraft bedeutend stärken, weil es durch diese Verbindung seine gesammte Flotte aus dem Eismeere, der Ostsee, dem schwarzen Meere und dem Kaspisee an einem beliebigen Punkte vereinigen kann, ohne die heimathliche Scholle verlassen zu müssen.

Digitized by Google

Italien. Die schiffbaren Flussstrecken Italiens betragen 1400 km; wozu noch 1100 km Kanäle und 400 km kanalisirte Flüsse kommen.

Der Bau der Kanäle reicht in Italien bis in das XII. Jahrhundert zurück. Sie entstanden im breiten Thale des Po, in welchem der erste Kanal der Naviglio von Mailand war, dem später die Kanäle nach Modena, Bologna und Padua folgten.

Die Kanäle dienen einer lebhaften Schiffahrt, hauptsächlich aber der Bewässerung und Entwässerung der Ländereien. Die Kanaltiefen schwanken zwischen 1,00 und 1,80 m, die Sohlenbreiten zwischen 5 und 10 m, und die Schleusenlängen zwischen 25 und 45 m.

Der Betrieb geschieht grösstentheils durch Treideln, auf einigen Kanälen besteht Dampfschiffbetrieb; in neuester Zeit wird eine zeitgemässe Dampfschiffahrt am Po eingerichtet.

Im Allgemeinen spielt die Binnenschiffahrt in Italien trotz der ausserordentlich günstigen Küstengestaltung eine untergeordnete Rolle. Den Bau und die Unterhaltung der Kanäle besorgt der Staat. Abgaben werden von denselben nicht eingehoben.

Der Verkehr auf den Kanälen ist seit Entstehung der Eisenbahnen zurückgegangen und hebt sich erst wieder in neuester Zeit. Auf dem Po werden jährlich im Mittel 800000, auf der Etsch 240000, auf dem Mincio 130000 und auf den Binnenseen 350000 t befördert, während der Güterverkehr auf den Kanälen nahezu 3,3 Millionen t beträgt.

Nach Bompiani betrug der Verkehr 1888:

Auf dem Mailänder Naviglio-Grande und den verschiedenen Kanälen in der Umgebung von Pavia und Mailand, welche zusammen eine Länge von 122 km haben, 364000 t; auf dem Naviglio von Padua, dem Piovegokanal und dem Naviglio Brenta, welche zur Schiffahrtslinie Padua—Venedig gehören und eine Länge von 35 km haben, 316000 t; auf dem Naviglio Brentella, einem 11 km langen Zweigkanal der vorhergenannten Linie, 245000 t. Der durchschnittliche jährliche Verkehr auf der Linie von Venedig zum Po, 30 km, beläuft sich auf 649000 t; jener auf den Kanälen von Sotto Battaglia und Cagnola, 15 km, auf 195000 t.

Auf den Flüssen Sile, 77 km, und Piave, 34 km, sowie auf den Kanälen der Dolce und Cavetta, welche in den Sile und den Piave münden, betrug der jährliche Durchschnittsverkehr während der letzten fünf Jahre 1113000 t. Auf dem Kanal von Pisa nach Livorno, 23 km, war derselbe 153000 t, auf dem 11 km langen maritimen Kanal des Corsinihafens in Ravenna ungefähr 100000 t und endlich auf dem Kanal Fiumicino und dem Tiber, zwischen Rom und dem Meer, auf einer Länge von 40 km, 110000 t.

Spanien. In diesem Staate ist ein Fortschritt in der Ausgestaltung der Wasserstrasssen nicht eingetreten.

Die natürlichen Wasserläufe Spaniens sind nur gegen die Meeresküste zu, im Mündungsgebiete auf beiläufig 800 km Länge, schiffbar und eine grössere Binnenschiffahrt wird nur auf dem Ebro und Guadalquivir, sowie auf den Kanälen von Kastilien und Arragonien betrieben.

Digitized by Google

Letzterer ist ein altes Bauwerk und wurde 1790 fertiggestellt. Er zweigt bei Tudela vom Ebro ab und geht, nach allen Richtungen Bewässerungslinien entsendend, nach Torrero unterhalb Saragossa.

Die drei Linien des Kanales von Kastilien, der Kanal d'Alar nach Serron, jener nach Valladolid und nach Rio Seco haben eine Gesammtlänge von 209 km mit einem Jahresverkehr von etwa 700000 t.

Vereinigte Staaten von Nordamerika. (Bild 303 und 304.) Die Wasserstrassen Nordamerikas vertheilen sich auf die Gebiete der atlantischen Küste, des Golfes von Mexico, auf die Pacifische Küste, auf die grossen Seen und die Flüsse des Mississippibeckens.

Ausser den natürlichen Wasserstrassen in einer Gesammtlänge von 24600 km sind noch 5400 km Kanäle und kanalisirte Flüsse vorhanden.

Von den künstlichen Wasserstrassen befindet sich der kleinere Theil in Händen von Gesellschaften, der überwiegende Theil ist Eigenthum des Staates. Die Baukosten wurden sowohl von den einzelnen Staaten, als auch vom Staate selbst und endlich auch von Unternehmungen aufgebracht.

Die wichtigsten Kanäle sind jene des Erie-Ontario- und Champlainsees, sowie des Hudson, ferner die Kanalgebiete in den Staaten Ohio, Illinois, Indiana, Wiskonsin, in welchen die Verbindungen des Ohio und des oberen Mississippi mit dem Erie- und Michigansee liegen. Endlich werden die atlantische Küste und die Kohlenfelder Pensylvaniens von leistungsfähigen künstlichen Wasserwegen durchzogen, welche sich im Besitz von Privatgesellschaften befinden, die gleichzeitig Eigenthümer der dortigen Kohlenbergwerke und Eisenbahnen sind. Die grössten dieser Kanäle sind der Morris-Essex-Kanal, ferner der unvollendet gebliebene Chesapeake-Ohio-Kanal und der Delaware-Kanal. Durch dieselben werden die wichtigsten Handelsplätze der Ostküste, New-York, New-Jersey, Brunswigk, Philadelphia, Baltimore und Washington miteinander verbunden.

Die Leistungsfähigkeit der amerikanischen Kanäle wird aber bei weitem nicht ausgenutzt, weil dieselben von den Eisenbahnen, besonders in der Kohlenbeförderung, stark bekämpft werden. Ein grosser Theil der älteren Kanalanlagen wurde von den grossen Eisenbahngesellschaften wegen ihres Wettbewerbes angekauft und ausser Betrieb gesetzt, wie überhaupt zwischen den Bahnen und den Kanälen, sowie der Flussschiffahrt ein wilder Wettbewerb besteht.

In keinem andern Lande unterliegen in Folge eines oft sinnlosen Wettbewerbes der Eisenbahnen auf einzelnen wichtigen Kanalverbindungen die Frachtsätze so grossen Schwankungen, wie in Amerika. Es sind schon Frachtsätze von 0,20 bis 2,5 Heller für 1 tkm auf den Kanälen eingehoben worden. Im Jahre 1894 waren die niedrigsten Frachtsätze im Kanalverkehr 0,50 Heller, die niedrigsten Eisenbahnsätze 1,20 Heller für 1 tkm. Dieser ausserordentlich niedere Bahnsatz wurde jedoch nur darum eingeführt, um die beschlossene abermalige Erweiterung des Eriekanals zu vereiteln. Im Allgemeinen gelangen auf den Kanälen wegen der langen Wintersperre trotz ihrer gegenüber den Bahnen um die Hälfte billigeren Frachtsätze nur beiläufig 25 pCt. der Frachten, besonders Getreide, zur Abfuhr.

Digitized by Google

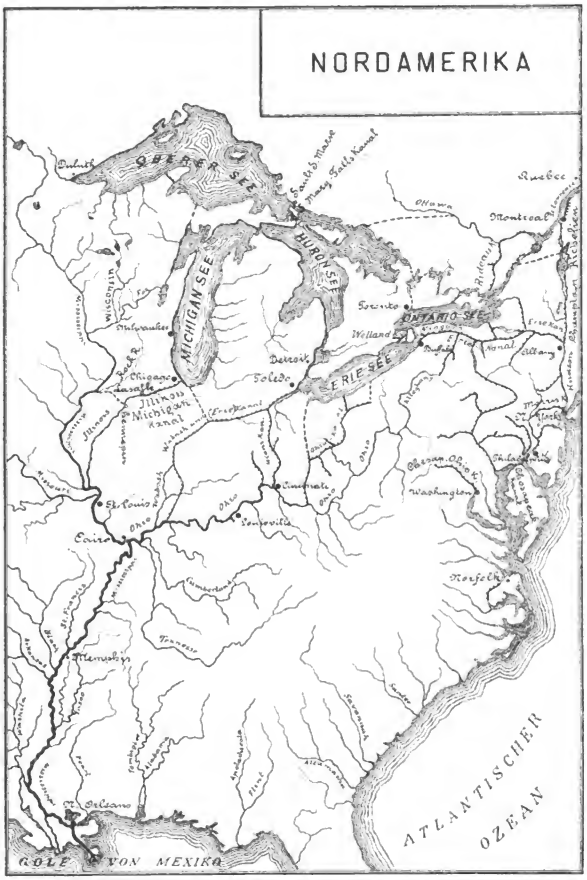


Bild 303.

Digitized by Google

Schiffahrt auf den grossen Binnenseen. Die grösste Binnenschiffahrt besteht auf den fünf „Grossen Seen". Dieselben bilden eine Wasserstrasse von 2325 km Länge, die nach allen Seiten mit dem Meere in schiffbarer Verbindung steht. Der Höhenunterschied zwischen dem Oberen See von 185 m über dem Meere und dem Huron-See von 177 m Höhe wird durch die Schleusen von Sault Ste. Marie (St. Mary-Falls-Kanal) ausgeglichen. Der Huron- und der 174 m hochgelegene Erie-See wird durch den Detroitfluss und den St. Clair-Flats-Kanal verbunden, und dem nur 74 m hochgelegenen Ontario-See durch den Wellandkanal angegliedert, der bei 4,2 m Wassertiefe für Schiffe von 1500 t Tragfähigkeit fahrbar ist. Durch die in Kanada erbauten Umgehungskanäle der Stromschnellen des St. Lawrencestromes können auf diesem Wege 4 m tiefgehende Schiffe zwischen dem Meere und jedem Punkte der grossen Seen verkehren. Auf der amerikanischen Seite bilden der Eriekanal und der Hudson die Verbindung mit dem Meere.

Eriekanal. Der Eriekanal, welcher im Jahre 1796 für Boote von 16 t Tragfähigkeit begonnen und 1828 für Schiffe von 70 t Tragfähigkeit eingerichtet wurde, bildet das wichtigste Kanalnetz Amerikas. Die Abmessungen des Kanales und der Schleusen wurden 1862 für Schleppe von 240 t Tragfähigkeit vergrössert. 1883 wurden von den vorhandenen 172 Schleusen 74 zur gleichzeitigen Schleusung zweier hinter einander gekuppelter Boote verlängert. 1895 erfolgte eine abermalige Erweiterung des Kanalnetzes bei gleichzeitiger Vertiefung auf 2,74 m und der Umbau der Schleusen für 400 Tonnenschiffe. Die Wintersperre auf dem Erie-Kanale dauert durchschnittlich über 4 Monate. Seinen grössten Verkehr hat er im Jahre 1880 mit 4 150 000 t erreicht und ist seitdem auf etwa 3 000 000 t zurückgegangen.

Nachdem der Eriekanal mit den Eisenbahnen den Wettbewerb nicht erfolgreich aufnehmen kann und insbesondere, weil in Buffalo ein Umschlag der von den Seen ankommenden 5 m tiefen Schiffe stattfinden muss, wodurch sich die Frachtkosten sehr erhöhen, will man den Kanal für den Verkehr von 1000 t fassenden Seeleichtern, die dann unmittelbar bis New-York geschleppt werden würden, einrichten. Ein Projekt umgeht den Niagarafall, das andere führt vom Hudson zum Mohawk bei der Stadt Cohoes. Das bei Cohoes geplante pneumatische Hebewerk (siehe Seite 170) soll aber nach den neuesten Berichten nicht ausgeführt werden, sondern man will, weil am Niagara Wasser in Ueberfülle vorhanden ist, eine einfache Schleusentreppe herstellen.

Kanäle des Mississippi und des Seegebietes. Neben dem Eriekanale ist das wichtigste Kanalnetz jenes des Mississippi, welches die Schiffahrt desselben mit jener der Seen vermittelt.

Die Verbindung des Ohio und des Mississippi mit dem Michigan und Erie-See geschieht durch die Ohio-Miami-, Erie-Wabash- und Illinois-Michigan-Kanäle, ferner durch den kanalisirten Illinois.

Digitized by Google

Die neueste Linie bildet der Entwässerungskanal von Chicago nach La Salle, welcher den Anfang zu einer 6,7 m tiefen Wasserstrasse zwischen Chicago und dem Mississippi darstellt. Wichtig sind ferner die Verbindungen Illinois-Mississippi bei Hennepin und die Kanalisirung des Rock-River. Der Illinois-Michigan-Kanal stellt unter Benutzung des Chicago-Desplainesflusses

Bild 304.

und des in den Mississippi mündenden kanalisirten Illinois die Verbindung zwischen Chicago und St. Louis her.

Der Schiffahrtsbetrieb erfolgt auf den amerikanischen Flüssen und Binnenseen ausschliesslich mittels freifahrender Dampfer, während die Kanalboote meist durch Maulthiere und Pferde, in neuerer Zeit auch durch Dampfer geschleppt werden. Auf den dem Staate gehörigen künstlichen Wasserwegen wird eine mässige Gebühr nach dem Tonnengehalte der Schiffe berechnet.

Digitized by Google

Mississippischiffahrt. Die grösste Stromschiffahrt Amerikas besteht auf dem Mississippi und Ohio. Im Ohio- und Mississippigebiete liegen die Hauptstädte des Handels und der Industrie, sie enthalten die Kohlen- und Erzwerke und bilden die Mittelpunkte der grössten Erzeugung von Weizen und Korn, sowie den Sitz der Holzverarbeitung.

Der Mississippi, der „Vater der Ströme", entspringt in einer Höhe von 514 m über dem Meere, durchfliesst die Seen Elk und Itaska, vereinigt sich beim Pemidjisee mit dem Flusse La Place und wird, nachdem er den Cass- und Winibegoshishsee durchquert und 430 km unterhalb seines Ursprunges bei Peckagama einen Wasserfall gebildet hat, für Dampfschiffe fahrbar. Eine zweite Stromschnelle bilden die Fälle von St. Anthony 1050 km unterhalb der Quelle.

Von Westen nimmt der Mississippi den Minnesota, von Osten den St. Croix auf und erweitert sich dann zu dem 40 km langen Pepinsee, an dessen unterem Ende der Chippewa einmündet. Es fliessen ihm sodann der Wisconsin, der Des Moines und der Illinois zu.

Der an Stromlänge und Wassermenge den Mississippi überragende Missouri mündet in denselben bei St. Louis, 2150 km unterhalb des Mississippiursprunges; diesem folgen in kurzen Entfernungen die schiffbaren Nebenflüsse Kaskaskia, Ohio, White River und Arkansas. Nachdem der Mississippi noch den Yazos und 500 km oberhalb der Meeresmündung den Red River aufgenommen, ergiesst er sich in den Golf von Mexiko.

Der obere Mississippi führt über das Seenplateau von Minnesota. In seinem späteren Laufe ist er von steilen Höhen begrenzt, worauf er das fruchtbare Prärriengebiet durchzieht. Nach der Ohiomündung tritt er in die Alluvialregion, wo ihn bald auf der einen, bald auf der andern Seite sumpfige zum Theil unter dem Wasserspiegel des Stromes liegende grosse Niederungen begleiten, welche oft bis 80 km breit, 300 km lang und von Wald und Schilf bedeckt sind. Auf der Ostseite hat der Mississippi etwas höheres Uferland. Die von der Ohiomündung bis zum Meer gebildeten dammartigen Uferränder, „banks", hat sich der Strom selbst aufgelandet. Diese natürlichen Erdwälle sind nicht selten 5 km breit und senken sich landeinwärts allmählig ab. Auf denselben befinden sich die grossen Zucker- und Baumwollplantagen.

Das Stromgebiet des Mississippi theilt man in fünf Becken ein. Im ersten Becken vom See Itasca bis zur Mündung des Minnesota, von wo ab die regelmässige Schiffahrt beginnt, befinden sich bei den Seen Bermidji-, Cass- und Winnibegoshish die vom Staate gebauten grossen Staubecken, welche zur Zeit des Niederwassers das Strombecken bis zum Pepinsee speisen.

Das zweite Becken mit 7 grösseren Nebenflüssen reicht vom Minnesota bis zur Einmündung des Missouri und durchfliesst den Pepinsee. Bei Rock-Island und Kerkuk liegen Stromschnellen.

Das dritte Becken reicht vom Missouri bis zum Ohio. In diesem lagern sich die grossen Geschiebemengen ab, welche zur Zeit des Niederwassers mächtige Sand- und Schlammbänke bilden, die hauptsächlich vom Missouri und dem Okaw zugeführt werden.

Dem vierten Becken von der Ohio-Mündung bis zum Red River führt der Ohio mit seinen zahlreichen Nebenflüssen, insbesondere den wasserreichen Tennes-

Digitized by Google

see und Cumberland, gewaltige Wassermassen zu, welche das Strombett des Mississipp bei Hochwasser immer mehr verbreitern, grosse Uferbrüche verursachen und die die Schiffahrt gefährdenden, im Strome treibenden Baumstämme „Snags" bringen. Zum Herausheben der Snags sind eigene Hebedampfer in Verwendung. Trotz der grossen Wassermenge zählt man in dieser Stromstrecke nicht weniger als 40 grosse Sandbänke, über welchen oft nicht mehr als 1,00 m Wassertiefe ist. Mächtige Trocken- und Saugbagger sowie Snaghebeschiffe arbeiten in dieser Strecke jahraus jahrein, um die Beförderung der grossen Getreideschleppzüge mit oft 10 000 t in 10 Schleppen von Saint-Louis und

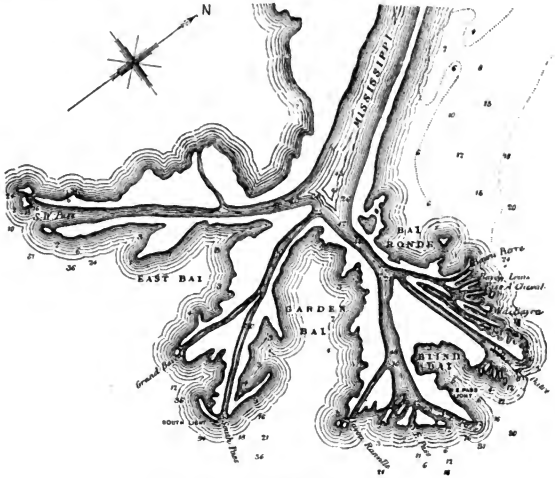


Bild 305. Die Mississippimündungen.

die mächtigen Kohlenzüge mit 20 000 t von Louisville nach New-Orleans zu erleichtern.

Das letzte Strombecken reicht endlich bis zum Golf von Mexico, in welchem der Mississippi in zahlreichen deltabildenden Armen, von denen einige künstlich abgesperrt sind, mündet.

Die eigentliche Deltabildung beginnt unterhalb New-Orleans. In derselben unterscheidet man sechs Mündungen: den Nordostpass, Pass à l'Outre, Ost-, Südost-, Süd- und Südwestpass (Bild 305). Das Delta des Mississippi umfasst ungefähr 36 000 km². Da es nur 0,30 bis 3,00 m hoch über dem Meeresspiegel liegt, so wird es fast alljährlich ganz unter Wasser gesetzt. Hierdurch bilden sich grosse Seen und Sümpfe, welche mit Rohr, Schilf und Bäumen bewachsen sind, deren Ausdünstungen das Klima jener Gegenden

Digitized by Google

sehr ungesund gestalten. Trotz der 100 bis 120 Millionen cbm fester Bestandtheile, die der Fluss jährlich dem Meere zuführt, scheint das Delta kaum zu wachsen, weil die zerstörende Kraft des Meeres fortwährend dagegen arbeitet.

Die schiffbare Stromlänge des Mississippi beträgt 4209 km, sein Flussgebiet umfasst 3221800 km². Letzteres vertheilt sich auf den

	Flussgebiet km²	Stromlänge km
Oberen Mississippi	437700	2140
Missouri	1341600	4983
Ohio	554200	2035
Arkansas	489500	2436
Red River	251200	1930
Die übrigen Nebenflüsse	147600	2000

Im oberen Lauf ist das Gefälle des Mississippi grösser, im unteren Laufe beträgt es jedoch nur 55 mm auf 1 km, von der Mündung des Red River bis zum Meere auf eine Länge von 503 km 30 mm und im 150 km langen Mündungsgebiete 10 mm pro km. Dennoch behält der Mississippi bis nahe zu seinem Deltagebiet eine Stromgeschwindigkeit, je nach dem Wasserstande, von 1,00 bis 1,60 m in der Sekunde. Die Hochwässer des Mississippi sind bedeutend. Der Unterschied zwischen hohem und niederem Wasserstande beträgt bei Cairo nicht selten 15 und bei New-Orleans 5 m.

Bei mittlerem Wasserstande ist der Mississippi vom Ohio bis zum Arkansas etwa 500 m, dann bis 900 m und erst in der unteren Hälfte des Delta bis 2400 m breit. Die Tiefe beträgt unterhalb der Ohiomündung bei Hochwasser bis 27 m, beim Anfang des Delta, unterhalb der Mündung des Red River, 30 m und bei New-Orleans stellenweise sogar 45 m. Dagegen sind die Ausmündungsarme nur 12 m tief, während das Ende derselben durch die vorgelagerten Sandbänke kaum 4 m Tiefe und nur der Südpass durch Anlagen von Buhnen 9 m Tiefe hat.

Die Schiffahrt am Ohio und Mississippi ist ausserordentlich lebhaft. Die Flachkähne Broadhers Barges und Flats sind meist aus Holz gebaut. Unterhalb Cairo werden dieselben zu Thal zu sehr grossen Schleppzügen vereinigt.

Am Ohio verkehren zumeist Heckradampfer, manche von sehr ursprünglicher Bauform mit einem am Sterne sitzenden, hölzernen Schaufelrade von grossem Durchmesser. Die grossen Mississippidampfer nehmen 1000 bis 1800 t Fracht, die kleinsten 200 bis 400 t. Sie gehen alle verhältnismässig seicht, weil bei Niederwasser stellenweise oft keine grösseren Fahrtiefen als 1,00 m zu finden sind. Die normale Fahrtiefe wechselt zwischen 1,90 und 2,80 m. Die Dampfer nehmen sowohl Reisende, als auch Frachten an Bord und besorgen gleichzeitig den Schleppzug. Die grossen Personendampfer des Mississippi sind Seite 251 behandelt; Bild 306 zeigt eine charakteristische Stromansicht vom Steuerhause eines solchen Dampfers gesehen und Bild 307 einen mit 800 t Baumwolle beladenen Heckraddampfer. Der auf dem Ohio und auf dem in denselben einmündenden und bis Pittsburg kanalisirten Monongaleaflusse eingerichtete eigenartige Schleppzug ist Seite 409 beschrieben.

Digitized by Google

Binnenverkehr und Binnenflotte Amerikas. Der gesammte Binnenverkehr Amerikas wird auf 800 bis 900 Millionen Tonnen jährlich berechnet, wovon beiläufig 200 Millionen Tonnen auf den Strom- und Kanalverkehr und 700 Millionen Tonnen auf die Eisenbahnen entfallen.

Nach dem statistischen Bericht 1892 entfielen auf das Stromgebiet zur

atlantischen Küste	78000000 t
zum Golf von Mexico	3000000 „
zur Südseeküste	9000000 „
auf die grossen Seen	53000000 „
das Mississippibecken sammt Ohio	29000000 „
und schätzungsweise auf die Kanalschiffahrt	30000000 „

Die gesammte tonnenkilometrische Leistung der Binnenwasserstrassen einschliesslich des Verkehres der Küstenschiffahrt in den Meerengen und Binnenseen wird auf 40 Milliarden geschätzt.

Bild 306. Stromansicht des Mississippi (vom Dampfer aus gesehen).

Der Flottenbestand aller eingetragenen Schiffe des Mississippibeckens betrug 1892 1114 Dampfer mit 210700 t und 6339 Schleppe mit 3182000 t Tragvermögen. Der Frachtenverkehr der Dampfer belief sich auf 10045504 t und jener der Schleppe auf 19059542 t. Besonders lebhaft ist die Kohlenverschiffung unterhalb Cairo, dem Vereinigungspunkte des Ohio mit dem Mississippi. Denselben bedienten 3890 Schleppe mit 2200000 Tonnengehalt. Den Mississippi allein befuhren 1892 rund 1000 Dampfer, welche insgesammt 6700000 Reisende und 7500000 t Güter beförderten.

Die Flotte und der Frachtenverkehr auf den zur atlantischen Küste führenden Gewässern betrug 1892:

Zahl d. Segler	6490,	d. Dampfer	2713,	d. Schleppe	3250
Tonnengehalt	„	„	1383108,	„	„	793571,	„	„	617761
Frachtenverk.	„	„	38283401 t,	„	„	28778341 t,	„	„	10535884 t

Digitized by Google

Der Binnenverkehr auf den Grossen Seen belief sich 1892:

Zahl d. Segler	987,	d. Dampfer	1489,	d. Schleppe	308
Tonnengehalt	„ „	187006,	„ „	599949,	„ „	139400
Frachtenverk.	„ „	19302949 t,	„ „	20181483 t,	„ „	13940000 t

Amerikanische Kanalbauentwürfe. Auch in Amerika bestehen bedeutende Kanalprojekte, wie die Schaffung des Panama- oder des Nicaraguakanales, sowie eines zeitgemässen Kanales mit grossen Abmessungen zur Verbindung des Ohio mit dem Eriesee, welcher eine Tiefe von 3 m bekommen soll.

Der Umstand, dass Kanada zur Umgehung des Niagarafalles den Welllandkanal und die Seitenkanäle am Lawrencestrom in viel stärkerem Masse, als es beim Eriekanal geschehen ist, erweitert hat, wodurch 1500 t Schiffe auf diesem Wege zum Ocean gelangen, hat dazu geführt, dass sich die Bundesregierung mit dem Gedanken trägt, um in dem Wettbewerb in der Getreideausfuhr noch kräftiger auftreten zu können, einen Tiefwasserweg aus den Seen unmittelbar zum atlantischen Ocean zu schaffen. Von den Seen zum Ocean soll ein 8,00 m tiefer Seekanal errichtet werden, welcher einen unmittelbaren Frachtverkehr vom Meere bis in die Seen ermöglichen würde. Ein anderer Plan findet für diese Frage eine vortheilhaftere Lösung durch einen Binnenkanal zwischen dem Eriesee und Hudson für Schiffe von nur 1500 t Tragfähigkeit. Der Seekanal wird auf 900 Millionen Kronen, der Binnenkanal auf 250 Millionen beziffert.

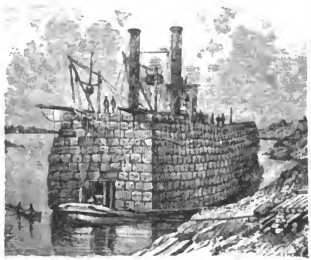


Bild 307. Baumwolldampfer am Mississippi.

Durch letzteren würde sich eine Frachtersparnis von 3 Kr. für eine Tonne Getreide zwischen Chicago bis Liverpool ergeben, während der oben beschriebene Seekanal eine Ersparnis von 4 Kr. ergäbe.

Im Durchschnitt der letzten 9 Jahre betrug der Frachtpreis für Buffalo-Weizen von Chicago bis Liverpool 19 bis 20 Kr. für eine Tonne:

Fracht Chicago bis Buffalo 1500 km Länge . .	2 Kr.
Umladespesen in Buffalo	3 „
Fracht Buffalo-New-York 700 km	3 „
Umladespesen in New-York	$4^1/_2$ „
Seefracht New-York-Liverpool 5600 km .	$6^1/_2$ bis $7^1/_2$ „

Wenn man die Umladungskosten in Buffalo und New-York erspart, ferner die Verminderung der Frachtspesen durch obige Kanalbauten in Erwägung zieht, so würden die Frachtkosten zwischen Chicago und Liverpool auf nahezu die Hälfte, d. h. 10 Kr. für die Tonne sinken. Das würde bei der Getreideausfuhr des Jahres 1895 mit 5 Millionen Tonnen eine Frachtersparnis für die Vereinigten Staaten von nahezu 50 Millionen Kronen geben

Digitized by Google

und dem amerikanischen Weizen im Welthandel eine noch weitere Wettbewerbsmöglichkeit zuwenden.

Panama-Kanal. In letzter Zeit haben sich die Vereinigten Staaten zur endlichen Herstellung des schon so lange geplanten Durchstiches durch die mittelamerikanische Landenge entschlossen.

Ein Blick auf die Karten (Bild 308) muss den Gedanken, in dieser Landenge einen Schiffahrtsweg zu schaffen, sofort zeitigen. Ein solcher wäre auch schon ausgeführt worden, wenn nicht die bekannten finanziellen Schwierigkeiten die Panamaunternehmung lahmgelegt hätten. Nach den neuesten Nachrichten soll sich die amerikanische Regierung für den Ausbau der unterbrochenen Panamalinie entschieden haben. Ob dieser, wie ursprünglich von Lesseps geplant, ohne Schleusen oder wie das später umgearbeitete Projekt festlegt, mit Schleusen ausgeführt werden wird, ist noch unbekannt.

Ursprünglich wurden bekanntlich vier Wege in Erwägung gezogen: Die Richtung durch die Landenge von Panama, jene durch den Nicaragua-See und die Durchquerungen von Tehuantepec oder von Darien.

Für die Panamalinie hat Lesseps zuerst einen Seewasser-Niveau-Kanal, so wie jenen bei Suez im Auge gehabt, welcher ohne Schleusen auf eine Länge von 75 km mit einem 6 km langen Tunnel, einer Sohlenbreite von 22 m und einer Wassertiefe von 8,5 m veranschlagt war. Die grossen Einschnittsböschungen von bis 171 m Höhe, sowie die bauliche Schwierigkeit der Bewältigung der oft ausserordentlichen Hochwässer des Flusses Charges veranlassten dann einen Bauentwurf für einen Schleusenkanal.

Die Nicaragualinie war in einer Länge von 279 km einschliesslich des 91 km langen Binnenseeweges mit 12 Schleusen auf die gleiche Wassertiefe wie der Panamakanal projektirt. Für die dritte, die Tehuantepec-Linie, welche 100 Schleusen benöthigt hätte, hat Eads die Seite 188, Bild 115 dargestellte Schiffseisenbahn vorgeschlagen, mit welcher ein den Ocean verlassendes Schiff von Dampfmaschinen mit Drahtseilen auf einen mit 1200 Rädern versehenen Ponton gestellt und auf Geleisen mit einer Steigung von 1:100 durch Lokomotiven befördert und in das gegenüberliegende Meer wieder mittels Drahtseilen hätte abgelassen werden sollen.

Die vierte Linie in den Golf von Darien war als Süsswasser-Schleusenkanal, den der Atrato hätte speisen sollen, geplant.

Kanada. Der Wasserstrassenverkehr von Kanada vertheilt sich hauptsächlich auf den St. Lawrencestrom, die Ottawa- und Trentschiffahrt, auf den zu Kanada gehörigen Theil der grossen Binnenseen und auf den Welland- und Marie-Kanal. Im Ganzen besitzt Kanada 45 okm Kanallängen und 4800 km natürliche schiffbare Ströme und Binnenseestrecken.

Der St. Lawrencestrom, welcher den Abfluss der grossen Seen in den Atlantischen Ocean bildet, wird mit den Stromschnellen zwischen Montreal und dem Ontariosee mittels sieben Seitenkanälen von 2,70 m Tiefe umgangen. Der Wellandkanal umgeht den Niagarafall mit 26 Schleusen, ist 4,20 m tief und mit Schiffen von 1500 t Tragfähigkeit befahrbar. Der 1,8 km lange

Digitized by Google

Marie-Kanal verbindet die oberen Seen mit dem Huronsee und enthält eine 1895 erbaute Schleuse von 270 m Länge, 20 m Breite und 6,20 m Drempeltiefe.

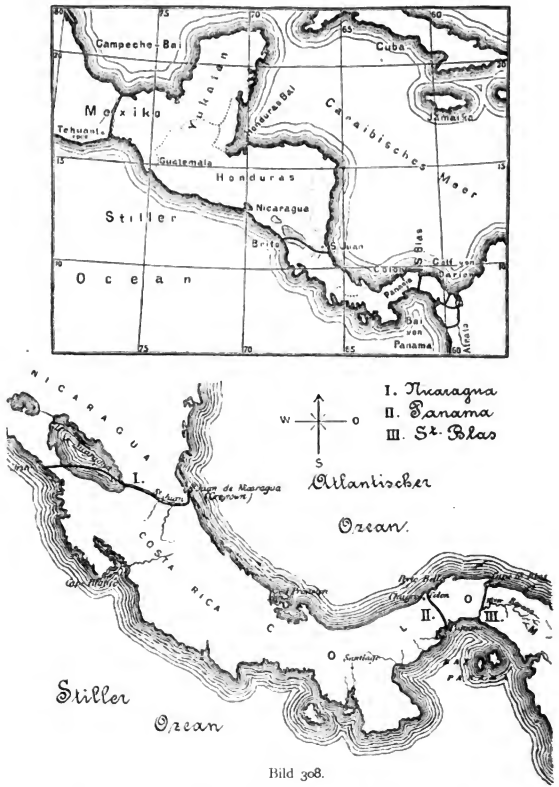


Bild 308.

Die lebhafteste Schiffahrt besteht von der Mündung des St. Lawrence-stromes 3820 km aufwärts durch die Seen bis Duluth. Bis Montreal verkehren auch bei Niederwasser noch Seeschiffe mit 5000 t Tragfähigkeit.

Der Betrieb erfolgt ausschliesslich mit zeitgemässen Dampfern. Auf

Digitized by Google

dem Wellandkanal soll mit nahezu 7 km Schleppzugsgeschwindigkeit in der Stunde gefahren werden.

Den St. Marie-Kanal ausgenommen, bestehen auf den übrigen Wasserstrassen keine Abgaben.

Geplant werden von der kanadischen Regierung zwei neue grosse Tiefwasserwege: Ein Kanal vom Richelieufluss, Champlainsee oder Hudson bis zum St. Lawrencestrom, durch den Ontariosee mit Umgehung des Niagarafalles auf canadischer Seite, und ein Kanal vom Huronsee durch die Georgianbay und den Ottawafluss bis Montreal, welcher den Weg von den Oberen-Seen nach dem Ocean um 600 km abkürzen würde.

Indien. Die Nothwendigkeit, grosse Gebiete Indiens während der Dürre mit befruchtendem Wasser zu versehen, hat dort schon in den ältesten Zeiten zur Schaffung grosser Aufspeicherungswerke, Bewässerungs- und Nutzkanäle geführt.

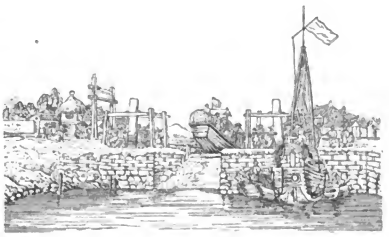


Bild 309. Chinesische Rollbrücke.

Von England wurden diese Kanäle zum Theile umgebaut und auch für grössere Schiffe nutzbar gemacht, ausserdem aber auch neue Schiffahrtskanäle angelegt, wie der Buckingham-Kanal von Madras nach dem Delta von Kistna und der Kanal längs der Malabarküste.

Die grössten Bauten Indiens sind der Ganges-Kanal, zwischen dem Ganges und Jumma, der Agra-Kanal bei Delhi, der West-Jumna-Kanal im Pendjab und die Anlagen am Siud, Cauvery und Godavery.

Der neue Ganges-Kanal, welcher nicht nur dem Wassermangel in trockenen Jahren und dadurch dem Ausbruch von Hungersnoth vorbeugen soll, sondern auch den Schiffsverkehr in den zwischen dem Ganges und dem Jummafluss liegenden Gebieten vermittelt, wurde 1848 in Angriff genommen. Sein Wasserbedarf wird dem Ganges entnommen. Der Kanal tritt bei der Stadt Hurdwar in die hindostanische Ebene und durchfliesst diese in einer Länge von 500 km bis Cawupore, 224 km oberhalb Allahabad, dem Vereinigungspunkt des Ganges mit der Jumna. Anfangs ist er 52 m breit und 3 m tief, im weiteren Verlaufe nehmen diese Abmessungen der abgeleiteten Wassermenge entsprechend ab. Das bedeutendste technische Werk

Digitized by Google

des Kanales ist der Solani-Aquädukt, mit welchem derselbe den gleichnamigen Fluss überschreitet.

China. Für den Verkehr und die Bewässerung wurden in China seit uralten Zeiten bedeutende Kanalanlagen geschaffen. Die berühmteste Kunstwasserstrasse ist der Grosse Kanal, welcher bei Hang-Chow beginnt, die grossen Ströme Yang-tse-kiang und Hwang-ho durchquert und bei Liu-tsing am Euhoflusse endet. An den Euho schliesst sich der Peihofluss an, welcher bis Peking führt. Der Grosse Kanal wurde im 13. Jahrhundert vom Kaiser Chi-Tso begonnen und enthält 72 hölzerne Wehre, einfache Schützenschleusen und die im Bilde 309 dargestellten Rollbrücken.

Digitized by Google

18. Abschnitt.

Das österreichische Wasserstrassengesetz.

Das Gesetz und seine Begründung. In seinen schiffbaren natürlichen Wasserläufen besitzt ein Land die billigsten Beförderungswege. Wenn dieselben noch reich gegliedert sind und miteinander zu einem nach allen Richtungen auszweigenden Wasserstrassennetze verbunden werden, so findet Handel und Industrie in dem nun zusammenhängenden Verkehrsgebiete die wirksamste Förderung.

In Oesterreich liegen in dieser Beziehung die Verhältnisse nicht günstig, denn es besitzt ausser der Donau und der Elbe keine leistungsfähigen Flüsse und muss als vorwiegend gebirgiges Land zur Verbindung seiner Flussläufe überall bedeutende Höhenunterschiede überwinden, während Ungarn dagegen von Natur aus reichlich nach allen Richtungen hin mit natürlichen Wasserwegen gesegnet ist, welche mittels Kanälen zu einem geschlossenen Verkehrsnetze umso leichter ausgebildet werden können, weil sie alle in ebenem Boden liegen.

Umso anerkennenswerther ist es, dass die österreichische Regierung die heutige wirthschaftliche Lage des Reiches mit Voraussicht beurtheilend und die Wichtigkeit des Anschlusses der österreichischen Binnenschiffahrt an den deutschen Wasserverkehr erkennend, sich aus Eigenem zum Bau eines grossen Kunstwasserstrassennetzes entschlossen hat. Durch diesen thatkräftigen Entschluss hat sich der österreichische Minister-Präsident Ernest von Koerber ein bleibendes Verdienst geschaffen und der gesammten Monarchie eine wirthschaftliche Wohlthat für lange Zeit hinaus gesichert.

Das Stromnetz Oesterreich-Ungarns mit der Donau als Grundlinie ist von dem deutschen Wasserstrassengebiete räumlich so wenig getrennt, dass der Gedanke einer Verbindung derselben naheliegend ist. Es unterliegt auch keinem Zweifel, dass diese natürlichen Vorbedingungen schon längst zur Herstellung eines Kanalanschlusses geführt hätten, wenn nicht einerseits die österreichische Staatsverwaltung bisher nur in der Ausgestaltung des Eisenbahnnetzes das wirthschaftliche Wohl des Reiches zu finden geglaubt hätte, wodurch die allgemeine Aufmerksamkeit von den Wasserstrassen lange Zeit abgelenkt war, anderseits aber auch die sich ergebenden technischen Schwierigkeiten beim Bau österreichischer Kanäle Anlass zu Bedenken gegeben hätten. Hierzu trat wohl auch noch der Umstand, dass einzelne Eisenbahnverwaltungen zur Wahrung ihrer Interessen alle Hebel in Bewegung setzten, um das Zustandekommen des ihnen gefährlich erscheinenden Wettbewerbes zu vereiteln.

Die Erkenntnis der wirthschaftlichen Wichtigkeit der Wasserstrassen ist indessen in allen Kulturländern Europas zum Durchbruch gekommen. Deutsch-

Digitized by Google

land, Russland, Frankreich arbeiteten eifrig an der Ausgestaltung ihrer Wasserwege, in Schweden und Norwegen wurden grosse Hindernisse bewältigt, um die Binnenschiffahrt zu erleichtern und endlich musste auch Oesterreich seine alte Kanalfrage ins Rollen bringen.

Was die grosse Schwierigkeit der Ueberwindung der hochgelegenen Wasserscheiden betrifft, so wird hierfür die richtige Lösung wohl gefunden werden. So wie Oesterreichs Techniker vor einem halben Jahrhundert die Höhen des Semmerings überschienen mussten, so werden sie eben heute den Beweis erbringen, dass auch über hohe Wasserscheiden hinweg Kunstwasserstrassen in technisch noch wirthschaftlicher Weise geführt werden können.

Der österreichische Ministerpräsident schloss seine Rede bei Einbringung der Kanalvorlage am 26. April 1901 mit folgenden Worten:

„Wir hoffen durch eine grosszügige Hebung der Volkswirthschaft, durch die energische Geltendmachung der kulturellen und materiellen Interessen aller im Reiche wohnenden Volksstämme dem inneren Frieden am besten zu dienen und es ist wohl nicht allzu unbescheiden, wenn ich aus manchen Anzeichen den Schluss zu ziehen wage, dass die Bevölkerung diesem Bestreben Sympathie zuwendet. Eine grössere inhaltsreichere Frage als die Kanalfrage konnten wir kaum vor dieses Haus bringen."

Die wichtigsten Abschnitte des Gesetzes vom 11. Juni 1901 betreffend den Bau von Wasserstrassen und die Durchführung von Flussregulirungen in Oesterreich sind:

§ 1.

Der Bau

a) eines Schiffahrtskanales von der Donau zur Oder,
b) eines Schiffahrtskanales von der Donau zur Moldau nächst Budweis nebst der Kanalisirung der Moldau von Budweis bis Prag,
c) eines Schiffahrtskanales vom Donau-Oderkanal zur mittleren Elbe, nebst Kanalisirung der Elbestrecke von Melnik bis Jaromër,
d) einer schiffbaren Verbindung vom Donau-Oderkanal zum Stromgebiete der Weichsel und bis zu einer schiffbaren Strecke des Dnjester

ist vom Staate auszuführen, wenn das Land, in dem einer der unter a bis d genannten Kanäle oder Kanaltheile hergestellt werden soll, beziehungsweise eine der oben angeführten zu kanalisirenden Flussstrecken sich befindet, sich verpflichtet, die Zahlung eines jährlichen Betrages zu leisten, der zur Verzinsung und Tilgung eines Achtels jener Obligationen hinreicht, welche zur Herstellung des betreffenden Kanales oder Kanaltheiles, bezw. zur Kanalisirung der betreffenden Flussstrecke (a bis d) ausgegeben werden.

Zu diesem Zwecke ist das Land berechtigt, die Interessenten heranzuziehen.

Die Beiträge der Länder sind nach Massgabe der den Staat aus diesem Anlasse treffenden Zahlungen zu leisten und haben aufzuhören, wenn die Einnahmen des betreffenden Kanals nach Abzug der Erhaltungs- und Betriebskosten den zur Verzinsung und Tilgung des Nominal-Anlagekapitals dieses Kanals erforderlichen Betrag durch zwei auf einander folgende Jahre überschritten haben.

Digitized by Google

§ 4.

Die Verwaltung der nach § 1 dieses Gesetzes herzustellenden Wasserstrassen, sowie die Festsetzung und Einhebung der Abgaben und Gebühren für die Benutzung derselben und der dazugehörigen Anlagen erfolgt durch den Staat.

Bei Feststellung dieser Abgaben und Gebühren ist auf den ausgiebigsten Schutz der gesammten heimischen Produktion, insbesondere durch entsprechende tarifarische Massregeln, vollste Rücksicht zu nehmen.

§ 5.

Behufs Sicherstellung der Regulirung derjenigen Flüsse in Böhmen, Mähren, Schlesien, Galizien, Nieder- und Oberösterreich, welche mit den im § 1 genannten Kanälen, kanalisirten und in Kanalisirung begriffenen Flüssen ein einheitliches Gewässernetz bilden und, sei es wegen der Zufuhr von Wasser, sei es mit Rücksicht auf die Geschiebebewegung, für die in Betracht kommenden Wasserstrassen besondere Bedeutung besitzen, sind die Verhandlungen mit den betheiligten Königreichen und Ländern sofort einzuleiten, wobei für die finanziellen Leistungen der Königreiche und Länder die bei solchen Massnahmen bisher üblichen Gesichtspunkte Anwendung zu finden haben. Die Regulirung dieser Flüsse muss spätestens gleichzeitig mit dem Bau der Kanäle (§ 6, Absatz 1) in Angriff genommen werden.

§ 6.

Der Bau der im § 1 bezeichneten Wasserstrassen, hinsichtlich welcher seitens der Vertretungen der betreffenden Länder zustimmende Beschlüsse im Sinne des § 1 gefasst worden sind, hat längstens im Jahre 1904 zu beginnen.

Die erforderlichen Vorarbeiten sind derart rechtzeitig durchzuführen, dass dieser Zeitpunkt eingehalten und der Bau längstens binnen 20 Jahren vollendet werden kann.

§ 8.

Die Kosten der Herstellung der im § 1 bezeichneten Wasserstrassen und der nach § 5, Absatz 1, durchzuführenden Flussregulirungen sind erforderlichenfalls, soweit diese Kosten nicht durch die Leistungen der Länder oder sonstiger Interessenten, beziehungsweise aus dem Meliorationsfonde gedeckt wurden, durch eine mit höchstens 4 pCt. steuerfrei zu verzinsende, auf Kronenwährung lautende, in 90 Jahren zu tilgende Anleihe zu beschaffen.

Die Regierung wird ermächtigt, von dieser Anleihe in der Bauperiode 1904 bis Ende 1912 einen Maximalbetrag von 250 Millionen Kronen Nominale auszugeben. Der hieraus erzielte Erlös darf nur zur Deckung der Herstellungskosten der im § 1 bezeichneten Wasserstrassen und der im § 5, Absatz 1 vorgesehenen Regulirungen verwendet werden.

Von dem Anlehenserlöse ist ein Betrag im Höchstausmasse von 75 000 000 Kr. für die erwähnten Regulirungen zu widmen.

§ 9.

Die Deckung des nach dem Jahre 1912 sich ergebenden Erfordernisses ist rechtzeitig durch ein besonderes Gesetz sicherzustellen.

Digitized by Google

Aus der Begründung zu diesem Gesetze möge angeführt werden:

„Die Regierung ist sich, indem sie auf Grund Allerhöchster Ermächtigung diesen Gesetzentwurf der verfassungsmässigen Behandlung vorlegt, dessen bewusst, dass damit eine neue Epoche der Verkehrsentwicklung in Oesterreich inaugurirt werden soll. Eine solche Entwicklung thut uns noth, und Wasserstrassen sind nach den Erfahrungen, die man anderwärts gemacht hat, ein geeignetes Mittel, um diese Entwicklung zu befördern und zu beschleunigen.

Es kann nicht Aufgabe dieses knappen Berichtes sein, in eine Erörterung darüber einzutreten, warum der Antheil des Wasserweges an unserem gesammten Verkehre bisher so klein gewesen ist. Im Durchschnitte entfielen auf den binnenländischen Wasserverkehr ca. 5,7 pCt., auf den Bahnverkehr 94,3 pCt. Der Grund dafür ist sehr einfach. Die schiffbaren Ströme, die natürlichen Wasserstrassen, gehören uns zumeist nur im Oberlaufe an, künstliche Wasserstrassen aber — Kanäle — besitzen wir überhaupt nicht.

Dieser Stand der Dinge ist schon lange als ein unbefriedigender empfunden worden, und mit steigendem Nachdrucke und zunehmender Vertiefung wurde die Frage zur öffentlichen Diskussion gestellt, ob dieser Zustand als ein dauernder hingenommen werden und die Volkswirthschaft Oesterreichs endgiltig auf jene grossen Vortheile verzichten müsse, die ihr die billige Verfrachtung auf neu zu erschliessenden Wasserwegen zu bieten vermöchte."

In der Vorlage wird dann weiter erwähnt, dass dieselbe in der gesetzlichen Sicherstellung des Baues von etwa 1600 bis 1700 km theils künstlicher Kanäle, theils kanalisirter Flussgerinne, unter Zugrundelegung einer Befahrungsmöglichkeit mit Schiffen von 600 t bestehe und dass die gesammten Baukosten vorbehaltlich aller Aenderungen, welche sich aus der Linienführung und je nach der Verwendung von Schleusen oder Hebewerken ergeben, mit rund 750 Millionen Kronen veranschlagt sind. Wörtlich heisst es dann weiter:

„Wenn die Regierung sich dazu entschlossen hat, durch Einbringung der Vorlage die Initiative zur Lösung der Wasserstrassenfrage in Oesterreich zu ergreifen, so hat sie sich dabei sagen müssen, dass es sicherlich kein Zufall sei, dass diese Frage bei uns verhältnismässig erst spät auf die Tagesordnung gelangt ist, und dass auch heute noch in ernsten und sachkundigen Kreisen die Kanäle in Oesterreich, man kann vielleicht weniger sagen einer Gegnerschaft als einem ziemlich weitgehenden Skeptizismus begegnen. Die Berechtigung hierzu kann gewiss nicht daraus abgeleitet werden, dass es etwa nicht wünschenswerth wäre, eine Verbilligung der Fracht für Massenartikel, die, mangels einer anderen Gelegenheit, bisher dem Bahnverkehre zugefallen waren oder für jene (sogenannten armen und ärmsten) Artikel herbeizuführen, die wohlfeilster Transportbedingungen bedürfen, um überhaupt erst mobil werden zu können. Beachtung verdient aber der vielfach geäusserte Zweifel, ob nach den von der Natur gegebenen Voraussetzungen in Oesterreich eine finanzielle Rentabilität der Kanäle, vor allem aber, ob deren wirthschaftlicher Erfolg für das gemeine Wohl als gesichert angesehen werden kann.

Digitized by Google

In diesen Beziehungen hat die Regierung sich sagen müssen, dass allerdings die Ueberwindung der Wasserscheiden bei uns der Lösung der Aufgabe technische Schwierigkeiten bietet, wie sie noch bei keinem der auf der Welt bestehenden Kanäle zu lösen gewesen sind. Die Regierung hat erkennen müssen, dass hierdurch der finanzielle Kalkul der Wasserstrassen wesentlich beeinflusst und der ökonomische Effekt der beiden, des technischen und finanziellen Momentes, die Wirthschaftlichkeit der Befahrung und Benutzung der theuer zu erbauenden und theuer zu betreibenden Strecken in Frage gestellt wird.

Anderseits aber darf man an die Sache nicht mit Kleinmuth herantreten. So wahr es ist, dass technisch-finanzielle Probleme in aller Regel durch Enthusiasmus nicht zu lösen sind, so wahr ist es auch, dass die in ihren Wegen und Zielen oft unsichere und unklare Bewegung, die gegenüber dem grossen ganzen Komplexe der Wasserstrassenfrage in Oesterreich, zum Theile als skeptische Negation, weit überwiegend aber als überschäumende Begeisterung sich geäussert hat, alsbald in ernste und eifervolle Arbeit überführt sein wird, wenn an Stelle einer das Problem auf Alles oder Nichts stellenden, bloss in Allgemeinheiten sich ergehenden Diskussion konkrete Aufgaben gestellt sind, auf die der Preis der Ausführungen gesetzt ist. Diese Ueberleitung hat denn auch vielfach bereits begonnen. Die Voraussetzungen eines Werkes werden immer nur dann völlig ausreifen, wenn es feststeht, dass man das Werk will. Der vorliegende Gesetzentwurf soll diese Sicherheit schaffen, und dies erklärt auch seine Eigenart."

Schliesslich hebt die Gesetzvorlage noch hervor, dass die Regierung vorerst nicht auf einen finanziellen Ertrag, sondern auf den wirthschaftlichen Erfolg sieht, und dass das grosse Werk, welches durch den vorliegenden Gesetzentwurf sichergestellt wird, unter allen Umständen für die wirthschaftliche Entwickelung mehr als das werth sei, was der Staat dafür aufwenden will.

Gesammtlänge der geplanten österreichischen Wasserstrassen. Die in der Gesetzesvorlage angeführten, sowie die anderweitig geplanten Kanalbauentwürfe sind in der Karte 290 Seite 500 eingezeichnet.

Das in Oesterreich mit annähernd 750 Millionen Kronen zu schaffende Verkehrsnetz wird im Ganzen auf 1675 km Länge und zwar 1250 km Kanalhauptlinien, beiläufig 90 km Stichkanäle und 335 zu kanalisirende Flussstrecken veranschlagt.

Schiffahrtskanäle:

Donau-Oder-Kanal	275 km
Donau-Moldau-Kanal von Wien nach Budweis	205 „
Mährisch-Böhmischer Kanal von Prerau an der Oder abzweigend bis Pardubitz an der Elbe	196 „
Oder-Weichsel-Dnjester-Kanal	480 „
Donau-Moldau-Kanal von Budweis nach Linz	94 „
Stichkanäle nach Brünn, in das Ostrau-Karwiner Kohlengebiet und nach Lemberg	90 „
	1340 km

Digitized by Google

Flusskanalisirungen:

Moldau von Budweis bis Prag	185 km
Elbe ab Pardubitz	150 „
	335 km
zusammen	1675 km

Höhen der Wasserscheiden. Schleusen oder Hebewerke. Der in der Regierungsvorlage angeführte Hinweis auf die technischen Schwierigkeiten der zu erbauenden Kanäle ist dadurch begründet, dass alle Linien hohe Wasserscheiden zu übersetzen haben.

Nach Oelwein betragen die Längen der geplanten Kanäle und Kanalisirungen, deren Gesammtgefälle, ferner die erforderlichen Schleusen, wenn nur solche verwendet werden oder die Anzahl von Hebewerken bei Anwendung dieser:

Wasserstrassen	Länge km	Gesammt-Gefälle m	entweder	oder	
			Schleusen	Hebewerke	und Schleusen
Kanäle					
Donau-Oder-Kanal . . .	274	205	50	7	3
Donau-Moldau-Kanal, Wien-Budweis	205	535	129	4	13
Mährisch-böhmischer Kanal von der Oder zur Elbe .	196	411	100	6	4
Linz-Budweis-Kanal . . .	95	748	170	8	2
Oder - Weichsel - Dnjester-Kanal	479	286	71	4	15
Zusammen	1249	2185	520	29	37
Seiten-Kanäle	80	?	?	?	?
Summe der Kanäle	1329	2185	520	29	37
Kanalisirte Flüsse					
Die Moldau von Prag bis Budweis	185	195	34	—	34
Die Elbe von Prag bis Pardubitz	150	68	25	—	25
Summe der Wasserstrassen	1664	2448	579	29	96

Werden nur Schleusen verwendet, so sind insgesammt 579 nothwendig. In diesem Falle müsste aber, ganz abgesehen von der durch die vielen Schleusungen bedingten Zeitverluste und der sich hierdurch ergebenden höheren Kanalbetriebskosten, das für die Schleusen erforderliche Betriebs-

Digitized by Google

wasser aus höher als die Wasserscheiden gelegenen Thalsperren beschafft werden, deren Anlage grosse Baukosten erfordern würde, vorausgesetzt, dass das für einen grösseren Verkehr, von etwa 4 Millionen Tonnen, erforderliche Schleusenbetriebswasser in den Wasserscheidegebieten überhaupt beschafft werden kann.

Oelwein führt diesbezüglich an, dass jedes die Wasserscheide durchfahrende Boot bei den geplanten Schleusenabmessungen zu einer Hin- und Rückfahrt

bei 6 m Schleusengefälle . . . 13 920 cbm
und bei 10 m „ . . . 23 200 „

Betriebswasser verbrauchen würde. Die erforderliche Betriebswassermenge, einschliesslich 20 pCt. für Wasserverluste in Folge Verdunstung und Versickerung, berechnet er dann für die zu erbauenden Thalsperren und je nach dem die Scheitelstrecke durchziehenden Verkehre:

bei einem Schleusengefälle von	und einem Verkehr von			
	2 000 000 t	3 000 000 t	4 000 000 t	5 000 000 t
	auf Millionen Kubikmeter			
4 m	21,1	31,6	42,2	52,2
6 „	31,6	47,4	63,4	78,2
8 „	42,1	63,0	84,5	104,5
10 „	52,6	79,0	105,1	130,6

Bei Annahme von Schleusengefällen in der Scheitelhaltung von 5 m und bei einem Verkehr von 5 000 000 t müsste man in den Thalsperren für alle Kanäle nahezu 300 000 000 cbm Wasser aufspeichern.

Werden dagegen zur Ueberwindung aller Wasserscheiden geneigte Ebenen angewendet, so sind 29 Hebewerke nothwendig, wodurch sich die Zahl der dann erforderlichen Schleusen von 579 auf 96 vermindern würde. Durch die hierdurch eintretende Verringerung der Schleusenaufenthalte und durch die bei Anwendung von Hebewerken entstehenden langen Haltungen vermindern sich aber die Betriebs- und Zugskosten wesentlich, wodurch der Schiffahrtsbetrieb viel wirthschaftlicher wird. Oelwein berechnet ganz allgemein, dass, nachdem für die Schleusung eines Schleppes im Durchschnitte 30 Minuten, zur Hebung desselben über eine geneigte Ebene im Durchschnitte 60 Minuten erforderlich sind, die Dauer der Durchschleusung eines Schleppes durch die geplanten Hauptkanäle mit 1249 km Länge bei ausschliesslicher Anwendung von 520 Schleusen 260 Stunden, bei Anwendung von 29 Hebewerken und 37 Schleusen 47,5 Stunden betragen, daher durch die Hebewerksanlagen 80 pCt. Betriebszeit entfallen würden.

Rechnet man die Fahrgeschwindigkeit auf den Kanälen im Mittel mit 3,5 km in der Stunde, das ist für 1249 km 357 Stunden, so beträgt die Fahrzeit: bei ausschliesslicher Anwendung der Schleusen 617 Stunden, bei Anwendung von geneigten Ebenen und Schleusen jedoch nur 404,5 Stunden, daher im letzteren Falle 35 pCt. der Gesammtfahrzeit erspart werden und somit auf eine Stunde Fahrt

Digitized by Google

bei Anwendung von Schleusen . . . 2,028 km
bei Anwendung von geneigten Ebenen 3,088 „
entfallen würden.

Unbedingt muss aber hervorgehoben werden, dass so grosse Wassermengen, wie sie für den Betrieb des Schleusenkanales erforderlich sind und welche nahezu 50 pCt. des gesammten Niederschlagswassers an der Wasserscheide ausmachen sollen, wenn dieselben auch durch Anwendung von Sparbecken und organisirten Schiffahrtsbetrieb noch erheblich vermindert werden, der Landwirthschaft nicht entzogen werden können, ohne dass man bei derselben auf einen wohlberechtigten Widerstand stossen wird. Auch wird die nicht zu umgehende Ueberleitung bedeutender Wassermengen von einem Flussgebiet in ein Anderes vielfache Rechtsstreitigkeiten hervorrufen.

Alle diese Schwierigkeiten zusammengefasst, muss man zu dem Schlusse kommen, dass die Anwendung von den jeweiligen Terrain-Verhältnissen richtig angepassten Hebewerken bei den österreichischen Kanälen eine Nothwendigkeit ist und der wirthschaftliche Bau derselben von der zweckmässigsten Lösung dieser Frage abhängt.

Wirthschaftlicher Werth der einzelnen Kanallinien. Jeder der geplanten österreichischen Kanäle hat seine besondere wirthschaftliche und verkehrspolitische Bedeutung und ist es wohl naheliegend, dass man zunächst mit dem Bau des für das Land wichtigsten beginnen wird.

Für den Anschluss Oesterreich-Ungarns an den Weltverkehr ist die Verbindung der Donau mit der Elbe bis zum Welthafen Hamburg und durch diesen mit den niederländischen und belgischen Häfen, sowie mit dem Rhein die wichtigste, gleichgiltig, ob diese Verbindung mittelbar durch den Donau-Oderkanal und die obere Elbe, oder unmittelbar über Wien oder nächst Linz zur Moldau erfolge.

Vom Standpunkte des Inlandverkehres und hinsichtlich der Beschaffung billiger Kohle für Wien und Niederösterreich erscheint der Donau-Oder-Kanal als besonders vortheilhaft. Nachdem von diesem aus der Anschluss an das Elbegebiet über Nordböhmen geplant ist, derselbe überdies durch die noch zu erfolgende Regulirung der preussischen Oderstrecke von Kosel aufwärts an den Oderverkehr und an den wichtigen Binnenhafen Berlin, sowie durch Stettin an den Seeverkehr angeschlossen wird, ferner die Abzweigungen an das galizische Stromgebiet nach Russland erhält, so ist es zweifellos, dass mit dieser, von Wien ausgehenden Verbindung zuerst begonnen werden wird.

Gleichzeitig mit dem Bau des Donau-Oder-Kanales wird die Regulirung der Donau bis Linz und mit dieser der gleichzeitige Donauanschluss nächst Linz zur Moldau erfolgen müssen, während die zweite Verbindung von Wien nach Budweis zur Moldau erst dann nothwendig wäre, wenn die geschlossene Strasse von der Donau ab Wien—Oder—Elbe—Prag—Moldau—Linz zur Donau und entlang dieser bis Wien den Verkehrsanforderungen nicht mehr genügen sollte.

Donau-Oder-Kanal. Für diesen Kanal beginnt die Linie im Allgemeinen an der Donau bei Wien, folgt dem Flussgerinne der March und Beczwa,

Digitized by Google

übersetzt in der Scheitelstrecke die Wasserscheide zwischen der Beczwa und der Oder, um in das Oderthal zu gelangen und bei Oderberg in einem Hafen zu enden. Ein Anschluss an die Oder ist im Gesetze noch nicht vorgesehen. Hierzu sind noch Verhandlungen mit Preussen erforderlich, um durch eine Kanalisirung der Oder von Kosel bis zur österreichischen Grenze oder durch einen Seitenkanal die Mündung des Kanales in die Oder zu gewinnen.

Die Hauptlinie Wien—Oderberg soll in einer Länge von 275 km im Aufstiege 126 m und im Abstiege 84 m Höhen überwinden. Wird der Kanal mittels Schleusen gebaut, so sollen*) 47 Kammerschleusen erforderlich sein, während er bei Anwendung geneigter Ebenen mit 7 Hebewerken und 3 Schleusenanlagen, 1 zum Anschluss an die Donau und 2 bis Oderberg, ausgeführt werden kann.

Die Mündung des Kanales in den Donaustrom ist nächst Wien bei Floridsdorf in einen Kanalhafen projektirt. Die Kanallinie soll Floridsdorf, Gerasdorf, Deutsch-Wagram, Schönkirchen, Angern, Dürnkrut, Waltersdorf Hohenau, Landshut, Göding, Rohatetz, Bisenz, Pisek, Ungarisch-Hradisch, Napagedl, Hullein, Prerau, Leipnik, Mährisch-Weisskirchen, Barnsdorf, Kunewald, Gross-Peterswald, Alt-Biela, Witkowitz, Mährisch-Ostrau, Hruschau berühren und bei Oderberg enden. Als Abzweigung wird ein Stichkanal nach Brünn gewünscht, ferner sind die Verbindungen von Prerau zur Elbe bei Pardubitz, sowie zum Stromgebiete der Weichsel und des Dnjestr geplant.

Die Hauptaufgabe des Donau-Oder-Kanales wird die Bewältigung der Kohlenfrachten aus dem mährisch-schlesischen Gebiete bilden. Diese grossen Kohlengebiete geben die Grundlage zur Schaffung zahlreicher Industrien längs seines Laufes und sind besonders für die Reichshauptstadt Wien von grosser Bedeutung. Für Mähren ist der Kanal deshalb wichtig, weil er einen lebhaften Verkehr von Erzen, Bausteinen, Ziegeln, Schafwolle, Holz und Bodenerzeugnissen schaffen wird. Für Galizien ist er durch seinen Anschluss an die Flüsse dieses Landes nicht nur von Wichtigkeit in Bezug auf die Ausfuhr von Getreide, Holz und Erdöl, sondern in erster Linie dadurch, dass dieses weite Gebiet durch den Kanal wohl endlich einen kräftigen Kulturaufschwung nehmen wird. Uebrigens darf der Donau-Oder-Kanal nicht als ein Beförderungsweg mit den Endpunkten Wien und Oderberg betrachtet werden, sondern man muss seine Verbindung an die Ost- und Nordsee sowie an das schwarze Meer in Rechnung ziehen. In diesem mitten durch Europa ziehenden Gebiete befinden sich aber Staaten von so wesentlich verschiedener Kultur, dass sich durch den gegenseitigen Verkehr derselben ein nach Millionen Tonnen zu rechnender Güteraustausch ergeben wird.

Die Bedeutung des Donau-Oder-Kanals für die Hauptstädte Oesterreich-Ungarns möge aus folgendem Vergleiche der heute bestehenden Bahnfrachtsätze und der voraussichtlichen Wasserfracht beurtheilt werden:

*) nach Hallier und Dietz-Monnin.

Digitized by Google

Strecke	Donau-Oder-Kanal 1,50 Heller für 1 tkm		Deutscher Wassersatz auch mit 1,50 Heller für 1 tkm angenommen		Zusammen Kr.
Wien bis Frankfurt a. Oder .	275 km	4,12	449 km	6,74	10,86
Wien „ Berlin	„ „	4,12	519 „	7,79	11,91
Wien „ Stettin	„ „	4,12	589 „	8,84	12,96

Der billigste heutige Bahnsatz für 1 t Getreide und Kleie beträgt:

Wien bis Frankfurt a. Oder	637 km	32,— Kr.
Wien „ Berlin	704 „	23,— „
Wien „ Stettin	768 „	21,— „

Daher wird sich die zukünftige Wasserfracht

von Wien bis Frankfurt a. Oder um 66 pCt.
„ Wien „ Berlin „ 48 „
„ Wien „ Stettin „ 38 „

billiger stellen.

Die Donaulinie ab Budapest bis Wien mit 6,— Kr. für 1 t Fracht miteinbezogen, berechnen sich diese Verkehrsakte mit:

Strecke	Zukünftige Wasserfracht	Heutige Bahnfracht	Ersparnis in pCt.
Budapest bis Frankfurt a. Oder. . . .	16,86	44,—	62 pCt.
Budapest „ Berlin.	17,91	37,—	52 „
Budapest „ Stettin (Seeausfuhrtarif) .	18,96	31,—	42 „

Die Baukosten des Donau-Oder-Kanales sind bisher nicht bekannt. Dieselben werden für eine Trace mit geneigten Ebenen auf 150 Millionen Kronen geschätzt und die Kanalgebühr soll einschliesslich einer mässigen Verzinsung dieser Kosten mit durchschnittlich 0,60 Heller für 1 tkm angesetzt werden.

Diese Kanalgebühr mit

1,00 Heller für Güter I. Klasse
0,80 „ „ „ II. „
0,60 „ „ „ III. „ und
0,50 „ „ Kohle und Steine angenommen, ergeben

sich dann mit den Seite 434 bis 438 berechneten Zugs- und Schleppkosten sowie mit Berücksichtigung der den verschiedenen Waarenklassen eigenthümlichen Schleppausnützungen und Schleppaufenthalte, Lade- und Versicherungskosten folgende Kanalfrachtsätze für ein Tonnenkilometer:

Digitized by Google

	Abgabe	Betriebskosten	Zusammen	Daher niederster Frachtsatz bei 20 pCt. Zuschlag.
I. Klasse	1,00	+ 0,80 =	1,80	2,16 Heller
II. „	0,80	+ 0,70 =	1,50	1,80 „
III. „	0,60	+ 0,60 =	1,20	1,44 „
Kohle	0,50	+ 0,50 =	1,00	1,20*) „

Gegenüber den bestehenden billigsten Kohlentarifen der Nordbahn stellen sich diese Frachtsätze beiläufig 40 pCt. niedriger.

Wenn als Grundlage zur Verzinsung und Tilgung der Kanalbaukosten die von Konta für das Jahr 1896 berechnete Verzinsung des Anlagekapitals der österreichischen Staatsbahnen mit 2,89 pCt. angewendet wird**), ferner die Erhaltungs- und Betriebskosten des Kanales, welche bei 3,5 Mill. Tonnen Verkehr auf 1,5 Mill. Kronen berechnet werden, voll gedeckt werden sollen, so müsste derselbe bei einer durchschnittlichen Kanalgebühr von 0,60 Heller für 1 tkm einen Verkehr von 3,6 Millionen Tonnen oder eine Leistung von nahezu einer Milliarde Tonnenkilometer erreichen:

Ausgaben:

Erhaltungs- und Betriebskosten	1 500 000
+ 2,89 pCt. Verzinsung und Tilgung . .	4 335 000
	= 5 835 000 Kr.

Einnahmen:

275 km × 3,6 Millionen Tonnen	= 990 000 000 tkm
× 0,60 h	= 5 900 000 Kr.

Wie oben erwähnt, muss mit dem Bau des Donau-Oder-Kanales auch der Anschluss von der österreichischen Grenze an die schiffbare Oder deutscherseits erfolgen. Die Entfernung von Oderberg über Ratibor bis zum Beginn der kanalisirten Oder bei Kosel der Oder entlang beträgt 75 km. Günstiger als die weitere Kanalisirung dieser Strecke wäre offenbar die Anlage eines Seitenkanales neben der Oder, weil dieser unabhängig von den Wasserschwankungen und bedeutend kürzer als die kanalisirte Flussstrecke wäre, welche aus vielen Krümmungen besteht.

Nothwendig ist ferner, dass die Schleusenabmessungen der bestehenden kanalisirten Oderstrecke auf die Maasse der geplanten österreichischen Schleusenanlagen, überhaupt dass der Oderstrom auf die zukünftige österreichische Kanal- und Donautiefe gebracht werde, damit ein ununter-

---

*) Sympher berechnet die Frachtsätze für den Dortmund-Ems- und den Mittelland-Kanal für ein Tonnenkilometer auf:

I. Klasse	2,04 Heller
II „	1,74 „
III. „	1,44 „
Kohle	1,20 „

**) Konta berechnet die Verzinsung des Bahnanlagekapitals für 1896

für alle Bahnen Deutschlands mit	5 565 pCt.
„ die preussischen Staatsbahnen mit	6,760 „
„ „ bayrischen Bahnen mit	3,160 „
„ „ Bahnen Oesterreich-Ungarns mit	4,400 „
„ „ österreichischen Staatsbahnen mit	2,890 „

Digitized by Google

brochener Verkehr hergestellt werden könne. (Die heutige mangelhafte Schiffbarkeit des Oderstromes siehe Seite 30 und 331.)

Die preussische Regierung zieht übrigens in Erwägung, die Oder von der Neissemündung bis Steinau zu kanalisiren, und von da ab einen Seitenkanal bis zur Mittelhaltung des Oder-Spreekanales zu führen, was zusammen auf rund 80 Millionen Mark Baukosten beziffert wird, oder aber eine, zwar nicht ausreichende, Vertiefung des Oderfahrwassers durch Anlegung grösserer Sammelweiher mittels Thalsperren in den Gebieten der Nebenflüsse der Oder zu erzielen (siehe Seite 96).

Donau-Moldau-Kanal. Ueber die Richtung und Länge dieser Kanaltrace sind in der Gesetzvorlage keine Angaben enthalten. Die Mündung des Kanals in die Moldau ist in der Gegend von Budweis geplant, während bezüglich des Anschlusspunktes an die Donau verschiedene Vorschläge vorliegen.

Von einer Seite wird Wien in Aussicht genommen, von anderer Seite wird, weil man doch dem natürlichen Stromthale der Donau soweit als nur möglich folgen will, ein Donauanschluss in der Richtung auf Linz vorgeschlagen. Der Gesetzentwurf nimmt zu diesen verschiedenen Projekten vorläufig noch nicht Stellung, da die Entscheidung von der noch ausstehenden technischen Lösung, wie die grossen Höhenunterschiede am zweckmässigsten zu überwinden wären, ferner von verkehrspolitischen und anderen Erwägungen abhängt. Bei jeder Kanallinie schliesst jedoch die oben erwähnte Kanalisirung der Moldau von Budweis bis Prag an.

Das erste vollkommene Projekt für einen Donau-Elbe-Kanal wurde im Jahre 1878 von Deutsch ausgearbeitet. Die von ihm gewählte Linie, welche die Moldau vor Budweis trifft, verlässt die Donau oberhalb Korneuburg, umfasst einen Kanal von 222 km und die kanalisirte Moldau in einer Länge von 246 km bis Melnik. An der Scheitelstrecke mit 551 m Seehöhe liegt eine Haltung von 76 km Länge. Der erste Plan sollte im Aufstieg zur Moldau 55 Schleusen und die kanalisirte Moldau deren 62 erhalten.

Alle folgenden Kanalbauentwürfe gründen sich im grossen Ganzen auf diese Trace, sie überschreiten alle in der Gegend Gmünd-Schwarzenau-Allentsteig annähernd 530 m hohe Wasserscheiden zwischen der Moldau und der Donau, sowie die östlicher gelegene 580 m hohe Wasserscheide zwischen der Thaja und der Kamp.

Hallier und Dietz-Monnin wenden in ihrem Projekte vom Jahre 1894 zur Ueberwindung dieser Wasserscheide im Aufstiege von der Donau bei Korneuburg über Horn nach Allentsteig 7 geneigte Ebenen und im Abstiege über Gmünd, Gratzen, Forbes nach Budweis in die Maltsch 3 geneigte Ebenen an, deren Längen zwischen 1020 bis 2000 m schwanken, und mit Steigungen von 40 ‰ bis 60 ‰ Höhenunterschiede von 38 bis 101 m überwinden.

Diese Kanallinie ist 181 km lang und enthält drei grössere Haltungen, die bei Drei Eichen von 30,5 km Länge, die Scheitelhaltung bei Klein-Haselbach mit 31 km und die bei Forbes mit 31,5 km. Auf der Scheitelstrecke liegt der Kanal in zwei Einschnitten, von denen der eine eine Tiefe von 28 m bei einer Länge von 2,5 km, der zweite eine Tiefe von 22 m bei einer Länge von 3 km hat.

Digitized by Google

Ein zweiter Bauentwurf von Gröger wendet geneigte Ebenen und Kammerschleusen an, beginnt den Aufstieg von der Donau, 50 km Donau aufwärts von Wien, bei der Mündung des Kampflusses, welchen er in einer Länge von 11,4 km kanalisirt, und in demselben und in der Scheitelstrecke bei Allentsteig den Aufstieg mit geneigten Ebenen, deren Längen 267 bis 925 m, deren Neigung 40 bis 75 ‰ und deren Höhen 24 bis 39 m betragen, bewirkt. Der Abstieg zur Moldau von Gmünd über Schweinitz nach Budweis in die Maltsch geschieht mittels Kammerschleusen, deren Gefälle von 2 m bis 9,50 m wechselt. Die Kanallinie ist 156 km lang. Die 33 km lange Scheitelhaltung liegt zum Theile in 2 Tunneln von 1850 m und 2440 m Länge.

Ein weiterer Bauentwurf, welchem nur Kammerschleusen zu Grunde liegen, ist von Lanna-Vering (Gunesch) ausgearbeitet. Diese Trace zweigt bei Korneuburg ab, führt durch die Tullnerebene und das Schmiedachthal nach Eggenburg bis Stockern. Hier durchschneidet die Strecke die Wasserscheide in das Kampthal, von wo sie zu dem Scheitel bei Taures zieht und die Wasserscheide im Thayathal durchschreitet. Nachdem die Kanallinie Schwarzenau berührt, senkt sich dieselbe gegen Gmünd auf dem nördlichen Abhange des Böhmerwaldes über Schweinitz durch die Maltsch in die Moldau bei Budweis. Von der Donau mit 161,6 m Seehöhe steigt der Kanal 367,4 m bis zu einer Seehöhe von 529 m an und fällt von seinem Scheitel um 145 m auf die Wasserspiegelhöhe der Moldau von 384 m Seehöhe. Die Kanallänge beträgt 205 km. Der Aufstieg auf die Scheitelstrecke erfolgt durch 38 Kammerschleusen von je 10 m Gefälle, der Abstieg nach Budweis durch 15 solche Schleusen. Bei Budweis schliesst dieser Schleusenkanal, sowie alle früher beschriebenen Linien, an die Moldau an, deren Gefälle von 200 m von Budweis bis Prag mittels 34 Schleusen kanalisirt wird. Die Moldaustrecke von Budweis bis Prag ist 179 km lang, so dass die ganze Wasserstrasse von Korneuburg bis Prag unter Zugrundelegung des Schleusenplanes bis Budweis 384 km betragen würde. Der Wasserverbrauch wird bei einem Verkehr von 3 Millionen Tonnen auf jährlich 40 Millionen Kubikmeter berechnet.

Der von den böhmischen Maschinenfabriken (Schönbach) für diese Trace ausgearbeitete Hebewerkplan mit Trogschleusen ist auf Seite 180 behandelt. In jüngster Zeit wurde derselbe von den Maschinenfabriken in der Weise umgearbeitet, dass die Beförderung der Schiffe nicht mehr schwimmend, sondern in trockener Lage erfolgt. (Siehe Bild 119.)

Die technische Ausführung der unmittelbaren Verbindung der Donau mit der Elbe, ob diese nun über Wien oder nächst Linz erfolgt, gestaltet sich wegen der grösseren Höhenunterschiede als beim Donau-Oder-Kanale, jedenfalls schwieriger als bei diesem und erfordert die Anwendung von Hebewerken oder einer Schiffseisenbahn, welche die Schiffe über die Wasserscheiden befördern. Durch eine entsprechende Ausnützung des Bodengefälles bei den zu überwindenden Höhen wird insbesondere eine Schiffseisenbahn die Möglichkeit bieten, eine zweckmässige Kanallinie zu finden und einen sehr leistungsfähigen Schiffahrtsbetrieb zu sichern (siehe auch Seite 195—199).

Den zukünftigen Ertrag eines Schleusenkanales für die Linie Wien nach Budweis und durch die kanalisirte Moldaustrecke bis Prag berechnet Kaftan

Digitized by Google

unter Zugrundelegung nur des Bauaufwandes für den Kanal bis Budweis mit 150 Mill. Kr. (die Kanalisirung der Moldau kostet weitere 70 Millionen) wie folgt: Bei einer Jahresverfrachtung von 2 300 000 Tonnen betragen

die 4 pCt. Verzinsung des Baukapitals des Kanales von 150 000 000 Kr.	6 000 000 Kr.
die Verwaltungs-, Erhaltungs- und Betriebskosten	1 115 000 „
daher die gesammten Staatskosten	7 115 000 Kr.
Hiervon ab die Kanalgebühren für 471 000 000 Tonnenkilometer mit 0,25 Heller für das Tonnenkilometer . .	1 180 000 Kr.
Bleiben zu Lasten des Staates	5 935 000 Kr.

Kaftan bemerkt hierzu, dass, nachdem die Eisenbahnverfrachtung Wien-Aussig derzeit mindestens 8 bis 9 Kr. für die Tonne daher 18 400 000 Kr. kostet, die Wasserverfrachtung Wien-Aussig jedoch nur 8 400 000 „ kosten wird, der Ausfall durch diese Frachtersparnis von . 10 000 000 „ für das Gemeinwohl und die Industrie aufgewogen wird.

Obige Kanalgebühr von 0,25 Heller für 1 tkm, ist aber wohl zu niedrig bemessen. Wenn man, so wie beim Donau-Oder-Kanale, die 2,89 pCt. Verzinsungsziffer der östereichischen Staatsbahnen und als durchschnittliche Kanalgebühr 0,60 Heller für 1 tkm als Grundlage nimmt, so ist beim Donau-Moldau-Elbe-Kanal bis Prag ein Verkehr von 3,6 Millionen Tonnen oder eine Leistung von nahezu 1400 000 000 Tonnenkilometer erforderlich um die Lasten des Staates zu decken.

Ausgaben:

Erhaltungs- und Betriebskosten	2 000 000	
+ 2,89 pCt. Verzinsung von 220 Mill. Kr.	6 358 000	
		= 8 358 000 Kr.

Einnahmen:

384 km × 3,6 Millionen Tonnen = 1 382 400 000 tkm
× 0,60 h . . . . . = 8 294 000 Kr.

Der Donau-Moldau-Elbe-Kanal eröffnet, wenn von Prag ab der Grossschiffahrtsweg hergestellt sein wird, eine unmittelbare Wasserstrasse vom Schwarzen Meere bis zur Nordsee. Seine hauptsächlichste Bedeutung beruht daher in erster Linie in der Schaffung eines grossen internationalen Verkehres. Durch die Angliederung der Donau an die Elbe erhält man eine über 3000 km lange Wasserstrasse, welche von der Nord- und der Ostsee, erstere durch die Elbe, letztere durch den Trave-Kanal, bis in das Schwarze Meer reicht.

Werden Hamburg und die Travemündung Lübeck als Ausgangspunkte genommen, so ergeben sich gegenüber dem bisher zu benützenden Seewege folgende Wegabkürzungen:

Die Länge des Seeweges Hamburg oder Lübeck über Calais, Gibraltar, Konstantinopel nach Sulina beträgt 7000 km, durch die Elbe-Donaulinie würde sie dagegen nur 3100 km betragen oder um 55 pCt. kürzer sein. Von Hamburg oder Lübeck über Calais, Gibraltar nach Konstantinopel sind es 6500 km, über die Elbe-Donau nach Konstantinopel nur 3600 km, oder eine Kürzung von 43 pCt. Allerdings darf diese Wegabkürzung nicht etwa

Digitized by Google

zu dem Trugschlusse führen, dass hierdurch der billige Seeverkehr in die Binnenstrasse abgeleitet werden würde. Immerhin werden aber gewisse Verkehrszonen dieses zukünftigen Binnenwasserstrassengebietes gegenüber dem Seewege wettbewerbsfähig werden, insbesondere jene, welche ersterem naheliegen und letzteren erst mittels längerer Eisenbahnlinien erreichen müssen.

Von allen geplanten Kanälen ist demnach die Verbindung der Donau mit dem Elbegebiete für Oesterreich-Ungarn handelspolitisch die wichtigste. Keine andere Linie gewährt diesen kürzesten Verkehr der Nord- und Ostsee mit dem Schwarzen- und Mittelländischen Meere. Die Elbe vermittelt ja heute schon den grössten Theil des österreichischen Seehandels. Während von Oesterreichs Aussenhandel über Triest nur etwa 1,2 Millionen Tonnen ziehen, gehen über Hamburg*) 3,2 Millionen. Im Durchfuhrhandel hat deshalb die Elbe eine ausserordentliche Bedeutnng und es wird von jener Menge, welche von den Bahnen derselben zugeführt wird, ein grösserer Theil zukünftig den Kanalweg benützen.

Neben diesem Verkehre kommt noch jene Verkehrszone in Betracht, welche sich rheinwärts von Rotterdam, Amsterdam und Antwerpen mit dem Bahnumschlag im Mannheim und Frankfurt a. M. über Passau die Donau herunter und umgekehrt bewegt, ferner, wenn auch in geringem Maasse jene, welche sich durch die Frachtzufuhr aus der Ablenkung des Verkehres von den Mittelmeerhäfen nach Hamburg und von den Donauhäfen Braila und Galatz ergeben. Letztere werden einen Theil des Verkehres des im Bereiche der Bahnlinien Pitesti-Braila gelegenen Gebietes Rumäniens verlieren.

Durch die Kanalverbindung zur Elbe entsteht mit einem Worte für die Donau eine zweite Mündung nach dem Westen, wodurch die unteren Donauländer wirthschaftlich näher an die westlichen Kulturgebiete heranrücken. Hierdurch werden sich erhebliche Verschiebungen des Verkehres innerhalb des Donaugebietes ergeben und die Städte Budapest, Wien und Prag die Empfänger eines Theiles des jetzt über Sulina seewärts strebenden Verkehres werden. Selbst die diesem Seewege näher liegenden Zonen, wie beispielsweise Pitesti-Magurelli, können noch Donau aufwärts abgelenkt werden, wenn die Seefrachtsätze, wie dieses wiederholt schon eingetreten ist, ab Sulina eine gewisse Höhe erlangen. Dieser Frachtvortheil Donau aufwärts wird naturgemäss um so grösser, je westlicher gelegene Donauumschlagplätze als Ausgangspunkt der Versendungen benutzt werden und wird dort am grössten, wo die hohen Anschlussfrachten der Eisenbahn entfallen, wie dieses bei den unmittelbar an der Donau gelegenen Getreideplätzen Calafat, Corabia und Turn-Severin der Fall ist.

Durch die Donau-Elbeverbindung wird namentlich Ungarn in Bezug auf seinen Getreidehandel aus dem Donau- und Theissgebiete einen grossen Nutzen erzielen, indem diesem der unmittelbare Zugang zur Nordsee erschlossen wird. Auch werden aus Ungarn und den unteren Donauländern jene Getreidesendungen, insbesondere Gerste und Mais nordwärts gehen, welche jetzt über Rotterdam und Hamburg nach Deutschland gelangen, ebenso wird ein Theil

*) In Hamburg sind 1897 mit Seeschiffen angelangt 6,7, abgegangen 4,6, mit Flussschiffen eingetroffen 3,8 und ausgelaufen 3,8 Millionen Tonnen.

Digitized by Google

des über Passau nach Süddeutschland gehenden Verkehres die Kanallinie benutzen. Endlich wird Ungarn und auch Serbien für seine Eichen, Buchen, Nussholz, Gerbstoffe, Mühlenerzeugnisse usw. einen erweiterten Absatzkreis über Norddeutschland hinaus erringen.

Wie bei der Kanalverbindung zur Oder muss auch beim Anschlusse des Donaustromes an die Elbe vorausgesetzt werden, dass die Elbe von Aussig abwärts für grössere Tauchtiefen regulirt werde.

In dieser Beziehung liegen die Verhältnisse der Elbeschiffahrt, wie dieses Seite 29 und 326 nachgewiesen, noch recht ungünstig. Bei der Wichtigkeit eines ununterbrochenen Verkehres mit der Elbe ab Aussig dürfen auch die Bedenken und die Kosten einer Kanalisirung der Elbe von Aussig abwärts, welche allerdings auf 100 Millionen Mark berechnet werden, nicht in die Wagschale geworfen werden.

Oder-Elbe-Kanal. Dieser Kanal wird durch eine ostwestliche Querlinie von Prerau nach Melnik der zwei vorbezeichneten Wasserstrassen geschaffen und setzt sich aus einem eigentlichen Kanal von Prerau bis Pardubitz und einer Kanalisirung der Elbe von letzterem Orte bis Melnik zusammen.

Ein Bauentwurf über diese Linie ist bisher nicht veröffentlicht. Die technischen Schwierigkeiten der Kanalstrecke dürften die Mitte zwischen denen am Donau-Oder- und Donau-Moldau-Kanal halten. Die Länge wird auf 196 km, der zu überwindende Höhenunterschied auf 200 m veranschlagt.

Die hauptsächlichste Bedeutung dieser Linie liegt darin, dass sie den nördlichen Abschluss des geplanten österreichischen Kanalnetzes und gleichzeitig die Fortsetzung der östlichen galizischen Kanalgruppe bildet.

Wird der Donauanschluss zur Moldau nicht von Wien sondern von Linz gebaut, so wird der von und zu der Elbe gehende Durchzugsverkehr zum Theile über Linz in das Donauthal, zum Theile über diesen Elbe-Oderkanal und den Oderkanal bis Wien geleitet werden.

Oder-Weichsel-Dujester-Kanal. Diese Wasserstrasse entsteht durch die Verbindung des Donau-Oder-Kanales bei Oderberg mit dem Weichselthal oberhalb Krakau durch einen Kanal. Für ihren Lauf kommen zwei Tracen in Betracht, deren jede wiederum verschiedene Lösungen zulässt. Die erste Gruppe würde die natürlichen Wasserläufe der Weichsel und des San benutzen und von einem Punkte des letzteren einen Kanal bis zum Dnjester erfordern; die Verfolgung der Flüsse würde aber einen Umweg längs der Landesgrenze und die Zustimmung Russlands bedingen, weil die Weichsel auf langer Strecke Grenzfluss ist. Die zweite Gruppe umfasst Pläne, welche durchwegs einen Kanal vorsehen.

Alle bisher bekannten Entwürfe bewegen sich in einem weiten Rahmen, der auch hinsichtlich des Anschlusspunktes an den Dnjester und des Weges, auf dem dieser erreicht werden soll, Einzelheiten noch nicht enthält. Technische Schwierigkeiten ergeben sich jedoch bei diesen, geringe Bodenerhebungen überwindenden und durch wasserreiche Gegenden führenden Kanalgruppen im Allgemeinen nicht. Galizien liegt nördlich der Karpathen in einem Flachlande; in wenig über 250 m Höhe gelangt man unschwer von

Digitized by Google

einem Flussgebiete in das andere und zumeist loser Boden erleichtert den Kanalbau.

Der Oder-Weichsel-Dnjester-Kanal wird dem Lande Galizien grosse Vortheile bringen, wenn er auch wegen der lange anhaltenden strengen Winterkälte während fast 4 Monaten des Jahres nicht befahrbar sein wird. Es ist jedoch irrig, wenn man ihm eine grosse wirthschaftlich-politische Bedeutung zuschreiben und namentlich betonen wollte, dass er zwei Meere, die Ostsee mit dem Schwarzen Meere, verbindet, weil der Dnjester als Strasse für den Durchzugsverkehr nur wenig in Betracht kommt, ganz abgesehen davon, dass er gleich der Weichsel nach Russland hinüberströmt, dessen Grenzen für den Waarenverkehr auf Wasserstrassen nicht gerade offener sein dürften als für den auf Landwegen. Er hat deshalb hauptsächlich nur für die Erschliessung der dortigen Kronländer in wirthschaftlichem Sinne, besonders hinsichtlich der Bodenerzeugnisse wie Getreide, Holz und Erdöl einen allerdings grossen Werth.

Schiffbare Flüsse Galiziens. Obwohl die natürlichen Flussläufe Galiziens eine Länge von 1519 km haben, sind dieselben trotz der bisher ausgeführten Stromverbesserungen nur als bedingt schiffbar zu bezeichnen, weil grössere Fahrtiefen als 0,50 m in denselben nicht vorhanden sind. Die Verfassung derselben ermöglicht jedoch 919 km Längen zu grossschiffigen Wasserstrassen auszugestalten, wie folgende Zusammenstellung (nach Iszkowski) zeigt.

Fluss	Gesammtlänge km	hiervon schiffbar von	bis	km
Weichsel				
innerhalb d. österr. Gebietes u. längs d. österr.-russisch. Grenze	288	der Mündung der Przemzsa	Niepolomice	104
		Niepolomice	Zawichost	184
Zuflüsse der Weichsel:				
Przemzsa	23	Myslowice	zur Mündung in die Weichsel bei Gorzów	23
Dunajec	185	Zglobice	z. Mündung i. d. Weichsel	39
Wisloka	119	Mielec	„ „ „ „	20
San	350	Garolan	„ „ „ „	120
Dnjester	483	Rozwadów	Okopy	398
Bug	71	Sokal	Reichsgrenze	31
Zusammen	1519			919

Der wichtigste Fluss Galiziens ist die Weichsel, welche auf Grund eines Staatsvertrages der beiden Uferstaaten Oesterreich-Ungarn und Russland vom Jahre 1864 in der 148 km langen Grenzstrecke von Niepolomice bis Zawichost und der 20 km langen Sanstrecke nach von den beiden Staaten jeweilig getroffenen Vereinbarungen regulirt wird. Die auf der Weichsel gegenwärtig vorhandenen Fahrtiefen betragen 0,50 m. Auf derselben verkehren Fahrzeuge von 20 m Länge und 6 m Breite. Im Jahre 1896 wurden

Digitized by Google

zu Thal 2271 Schiffe und 4705 Flösse mit einer Gesammtfracht von 198000 t befördert. Dampferverkehr ist mit Ausnahme einiger staatlicher Schleppdampfer zu Regulirungszwecken nicht vorhanden. Die Schiffahrtsdauer beträgt 240 Tage.

Die Przemzsa kommt als Schiffahrtsstrasse von der Grenzortschaft Myslovice an in Betracht und zeigt im Allgemeinen die gleichen Verhältnisse wie die Weichsel. Die auf derselben verkehrenden Fahrzeuge haben die Abmessungen der Weichselschiffe, deren Ladung bis 25 t beträgt. Im Jahre 1896 wurden thal- und bergwärts 4486 Schiffe mit einer Gesammtladung von 50700 t befördert.

Der Sanfluss gewinnt dadurch Bedeutung, dass er die geplante Verbindung der Weichsel mit dem Dnjester erleichtert. Im Jahre 1896 wurden auf demselben 1973 Flösse mit 26400 t befördert.

Am Dnjester wurde die Dampfschiffahrt schon wiederholt, jedoch erfolglos, versucht. Als Ursache des Misserfolges wird angegeben, dass an vielen Stellen, zumeist unterhalb der Ausmündungen ihrer geschiebeführenden Zuflüsse lange Querschwellen bestehen, welche als sehr widerstandsfähig und schwer zu beseitigen geschildert werden. Mit seichttauchenden Schraubenraddampfern könnte jedoch ein ganz wirthschaftlicher Betrieb eingerichtet werden. Im Jahre 1896 wurden am Dnjester zu Thal 856 Flösse mit insgesammt 91412 t befördert. Die obere Flussstrecke ist seit 1893, so wie der Bug, in Regulirung begriffen.

Linz-Moldau-Kanal. Bezüglich der Verbindung der Moldau mit Oberösterreich liegen verschiedene Projekte vor. Auch der Altmeister der österreichischen Wasserstrassenfrage, Deutsch, hat einen Weg über Oberösterreich in Betracht gezogen.

Ein Schleusenplan zur Moldau nach Rosenberg steigt mittels 10 Schleusen über Dornach nach Treffling 100 m hoch, woselbst eine 14 km lange, im Gebiete des Gusenbaches gelegene Kanalhaltung besteht. Von hier führt die Trace mittels 27 Schleusen über Neumarkt bis zur Scheitelhaltung weitere 270 m empor, von wo der Abstieg zur Moldau mit 8 Schleusen bis Rosenberg, 50 km flussaufwärts von Budweis, erfolgt. Die Scheitelhaltung von 16 km Länge liegt 370 m über dem Donauwasserspiegel bei Linz und 80 m über dem Moldaufluss. Rechnet man die zu kanalisirende Strecke des Moldauflusses von Rosenberg bis Budweis mit 50 km dazu, so ergiebt sich eine Gesammtlänge von Linz bis Budweis von 99 km oder rund die Hälfte der geplanten Kanallinie Korneuburg-Budweis.

Ein anderes Projekt (Poeschl) beginnt in Neuhaus an der Donau, verfolgt den Lauf des grossen Mühlflusses und führt zur Wasserscheide am Rosenhügel. Die Scheitelhaltung wendet sich dann zur Moldau, überquert diese und führt auf der jenseitigen Berglehne weiter in der Richtung auf Budweis, wo der Kanal nach einem Laufe von 93 km in den Moldaufluss mündet.

In jüngster Zeit wurden von Urbanitzky Bauentwürfe ausgearbeitet, denen sowohl geneigte Hebewerke, als auch Schleusen zu Grunde gelegt sind.

Digitized by Google

Der kürzeste und wirthschaftlichste Anschluss des Donauthales an die Moldau dürfte jedoch mittels einer Schiffseisenbahn (Trockenförderung) von Linz zu einem dem Donauthale zunächst liegenden Punkte des Moldauthales, in der Gegend zwischen Rosenberg und Hohenfurth (in 35 km Länge) möglich sein, von wo ab die Kanalisirung der Moldau bis Budweis zu erfolgen hätte. Dabei wird die Ausnutzung der grossen Gefälle der Moldau und der billigen Anlage von grossen Wasserbecken im obersten Moldaugebiet zur Erzielung eines regelmässigen vergrösserten Wasserabflusses sehr günstige Ergebnisse liefern. Ebenso ist mittels einer Schiffseisenbahn auch eine Verbindung des oberösterreichischen Donauthales mit der Moldau von Mauthausen an der Donau aus zweckmässig durchführbar. Eine solche Anlage würde auch für eine südliche Fortsetzung des österreichischen Wasserstrassennetzes als typisches Vorbild dienen.

Wo immer die Verbindung der Donau nächst Linz mit der Moldau erfolge, ist sie insbesondere für die Versorgung des oberen Donaugebietes, ferner von Salzburg und Tirol mit böhmischer Kohle sehr wichtig. Dieser Braunkohle kann nur durch diesen Kanal und nie durch die Budweis-Wiener-Linie ein Absatzgebiet erschlossen werden, weil sie gegenüber der höherwerthigen schlesischen Kohle über Wien nicht erfolgreich in Wettbewerb treten kann. Bezüglich des übrigen Kanalverkehres dieser Linie gelten zum Theile die für den Wien-Budweiser Kanal angeführten Erwägungen.

Voraussichtliche Kanalverbindungen. Bleibt der Ausbau der unmittelbaren Kanallinie von der Donau zur Moldau (Wien-Budweis) einem späteren Zeitpunkte vorbehalten, so würde sich durch die übrigen angeführten Kanalverbindungen eine geschlossene Wasserstrasse von etwa 1623 km ergeben und zwar:

der Stammkanal Donau-Oderberg	275 km
die Anschlüsse in das Weichsel-Dnjestergebiet . .	480 „
der Oder-Elbe-Kanal bis Melnik	346 „
die kanalisirte Strecke Melnik bis Prag	50 „
die kanalisirte Moldau Prag bis etwa Hohenfurth .	234 „
die Verbindung der Moldau bis Linz	35 „
die Donaustrecke Linz-Wien	203 „

Nachdem die Strecken Melnik bis Prag und Linz bis Wien schon bestehen, so wären im Ganzen 1370 km und insgesammt mit Stichkanälen nach Brünn, sowie etwa solchen zum Ostrau-Karwiner Kohlengebiet und nach Lemberg mit beiläufig 90 km, zusammen rund 1460 km Kunstwasserstrassen zu schaffen.

Gleichzeitig müssten aber auf der Donaustrecke von Wien bis Linz die noch nothwendigen Arbeiten für Schaffung einer Niederwasserfahrrinne ausgeführt werden. Dass die Bedingungen zur Ausführbarkeit derselben vorhanden sind, wurde durch die 1901 auf Veranlassung des Statthalters von Niederösterreich, Grafen Kielmannsegg, abgehaltene Expertise klargelegt. Girardon äusserte sich in dieser, dass die Verfassung des Donaustromes die Schaffung einer geringsten Tiefe von 2 m durch Ausbau eines Niederwasserbettes unschwer zulässt, weil die hierzu erforderliche Wassermenge auch

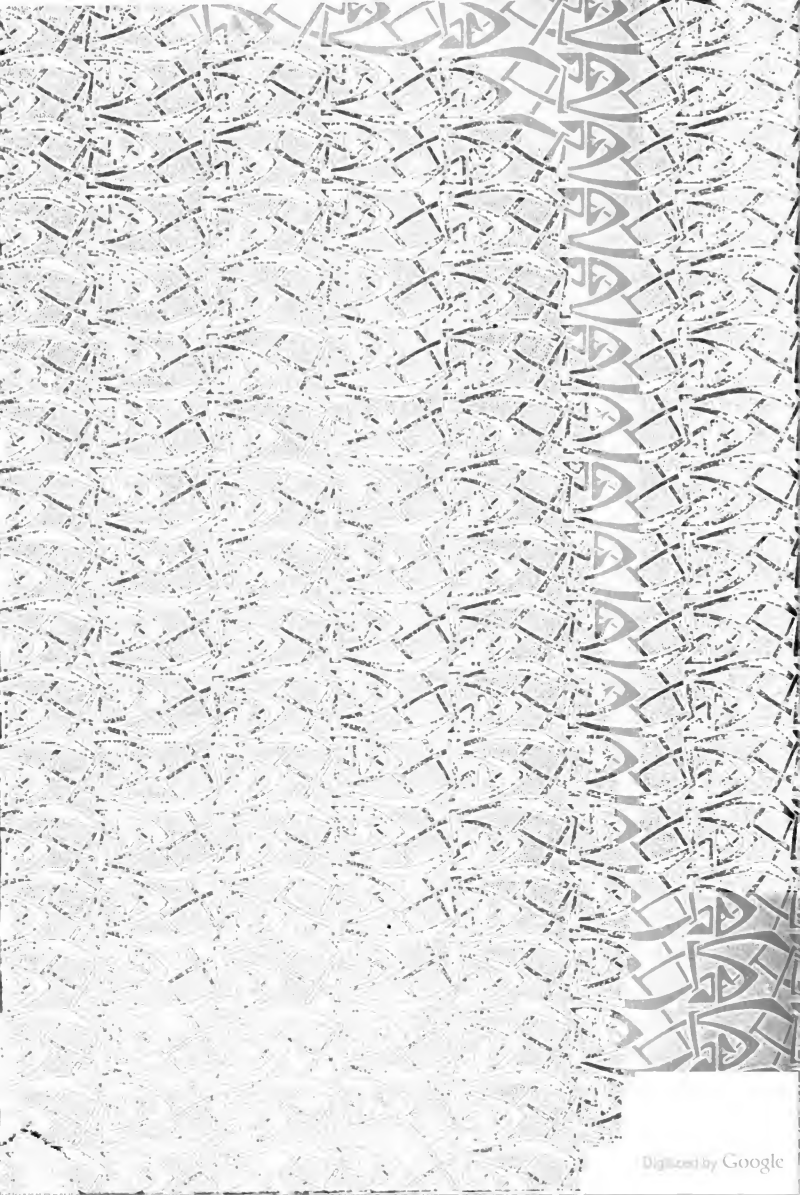
Digitized by Google

bei geringstem Wasserstande vorhanden ist, für die Schiffahrt ungünstige Fuhrtschwellen mit jäher Thalwegsänderung aber nur wenige bestehen und die grössere Zahl derselben in sanfteren Bögen von einem Ufer zum andern übergehen. Er zieht hieraus den Schluss, dass überhaupt nur bei den ganz unvermittelten Abbiegungen im Stromstrich die Tiefe auf weniger als 2 m unterhalb des tiefsten Wasserstandes sinkt, dass dieselbe, sobald die Biegung sich sanfter gestaltet, an den tiefsten Punkten auf 2,50 m steigt und dass endlich dort, wo die Thalwegsbiegung regelmässig und allmählig verlaufend erfolgt, die tiefsten Punkte 3,50 bis 4 m betragen, man daher über allen Fuhrtschwellen durch Regulirungswerke für Niederwasser eine Tiefe von 2 m beim tiefsten Wasserstande erreichen kann.

Verbindung des Donaugebietes mit Triest. Zum Schlusse sei noch auf die Wichtigkeit der Verbindung des Donauthales mit Triest hingewiesen, weil, solange dieser einzige Seehafen Oesterreichs mit dem Donaugebiete nicht durch einen unmittelbaren Wasserweg verbunden ist, sich alle vom Staate für denselben bisher gebrachten Opfer nicht lohnen können.

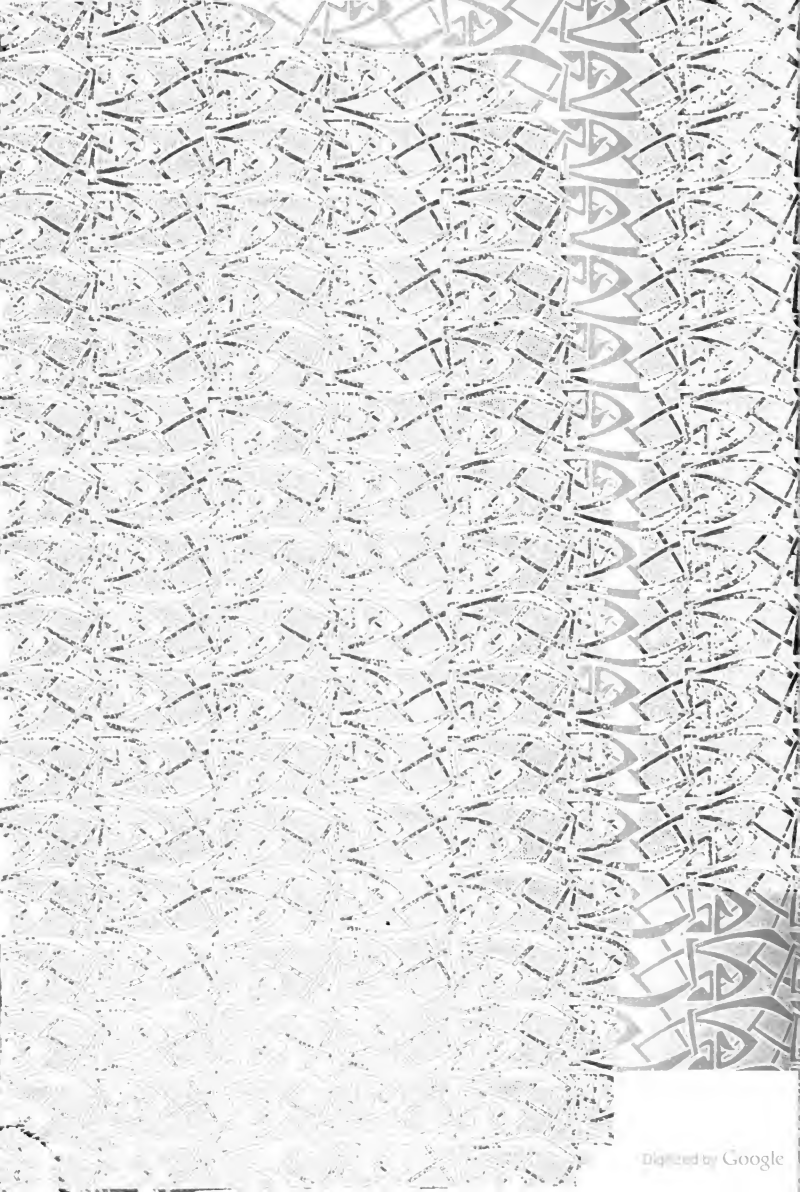
Die Schaffung einer Wasserstrasse nach Triest dürfte jedoch unter Zugrundelegung einer Schiffseisenbahn (Trockenförderung der Schiffe über die Wasserscheide), beispielsweise über Mauthausen an der Donau durch das Ennsthal in das Murthal bei gleichzeitiger Ausnützung der bedeutenden Flussgefälle zu elektrischen Kraftanlagen, (siehe Kartenbild 290) technisch wohl mit noch wirthschaftlichen Kosten durchführbar sein. Hierdurch würde sich ein Wasserweg Nord-Ostsee-Elbe-Moldau-Donau-Triest von etwa 1500 km Länge ergeben.

Digitized by Google


Digitized by Google

JAN 5 1931

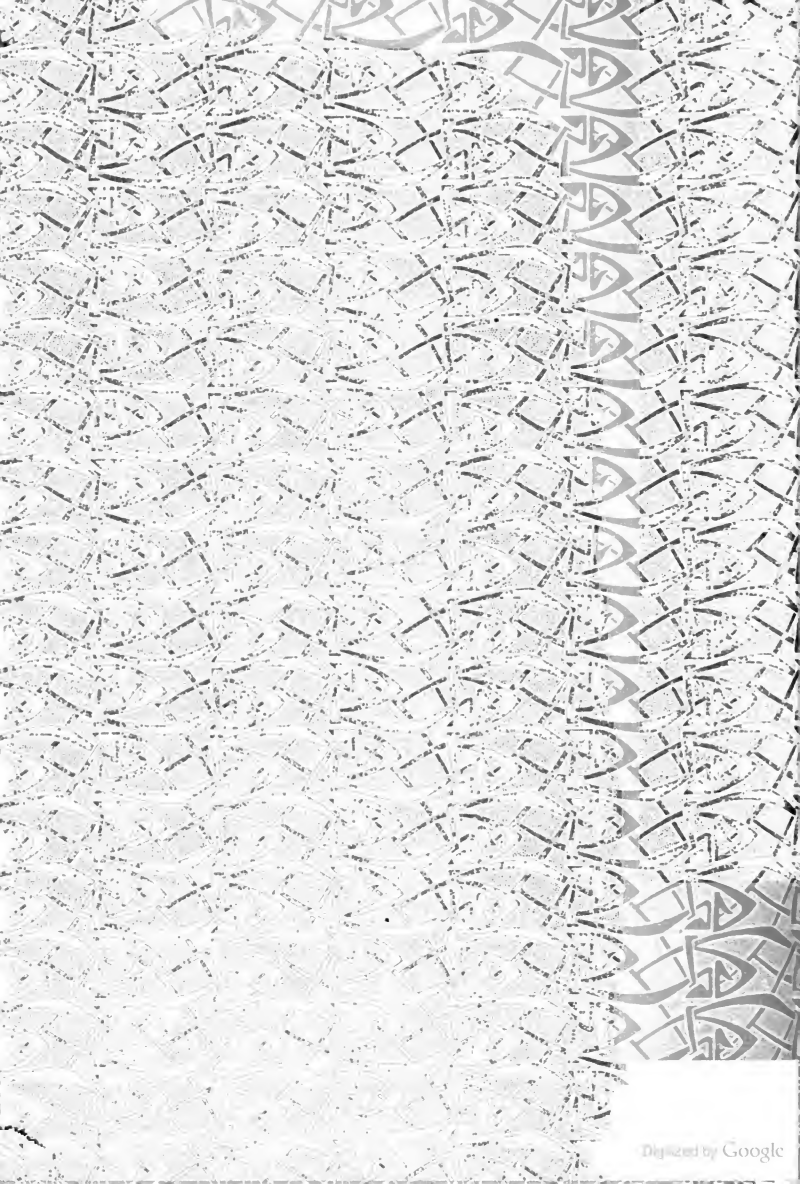
Digitized by Google


Digitized by Google

JAN 5 1914

DUE NOV - 8 '33

Digitized by Google

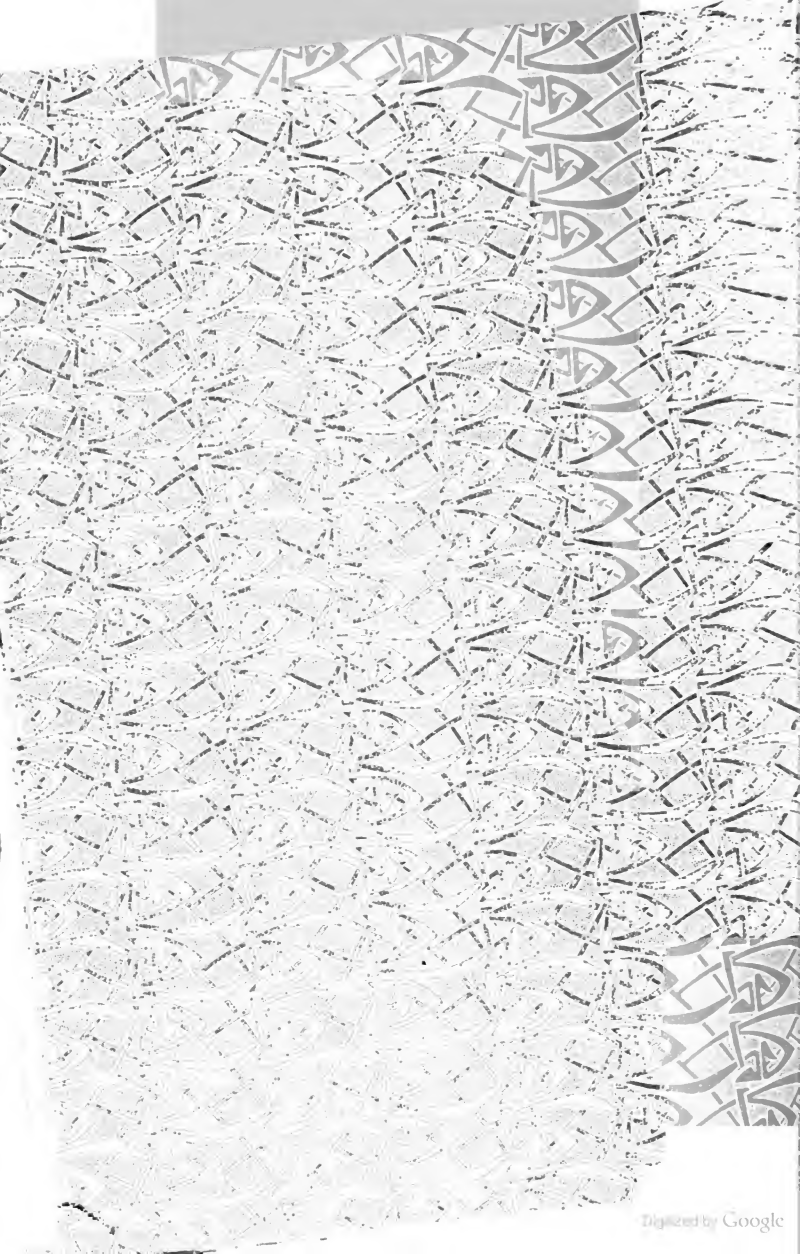

Digitized by Google

JAN 5 [illegible]

[illegible]

~~DUE NOV - 8 [illegible]~~

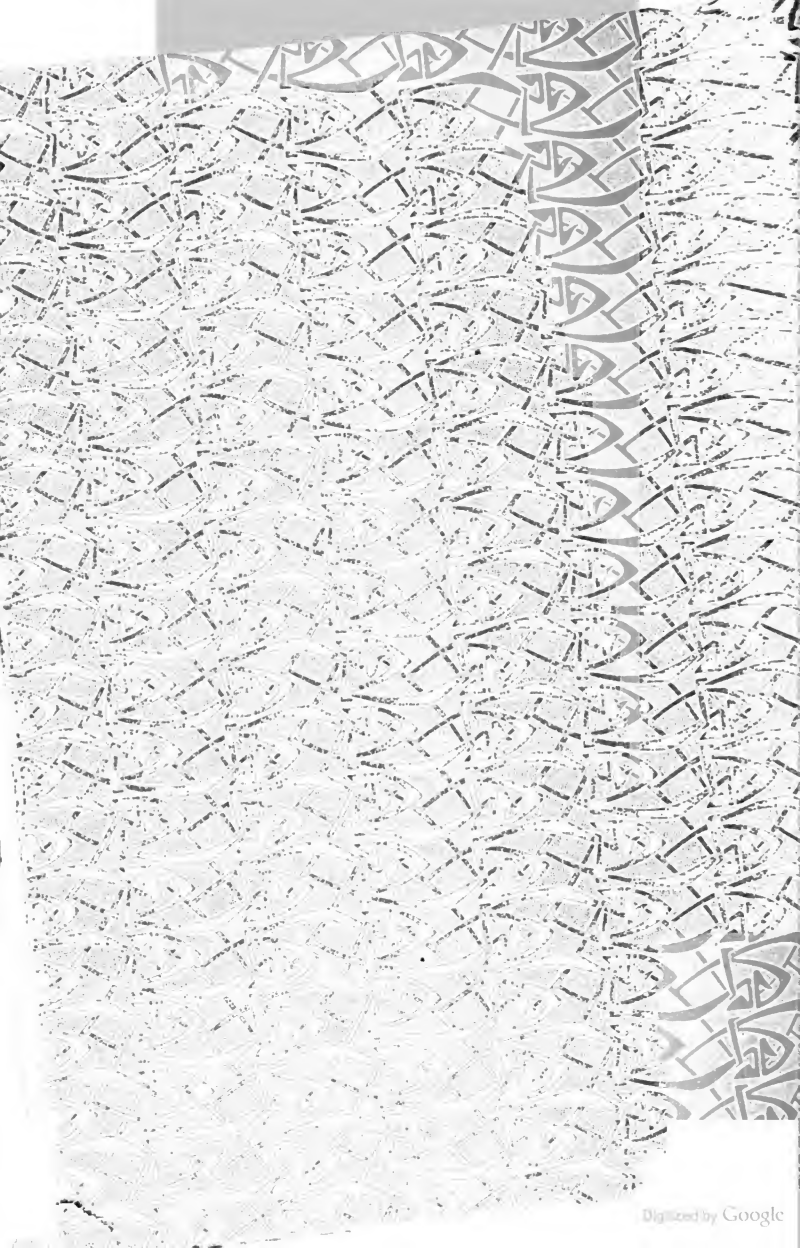
Digitized by Google


Digitized by Google

JAN 5 1914

OUL NOV - 8 33

Digitized by Google


Digitized by Google

DEC NOV 8 '38

Digitized by Google

Eng 989.02.3
Wasserstrassen und Binnenschiffahrt
Cabot Science
006710714
3 2044 091 995 902

Digitized by Google